Aus der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik
Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Hans Georg Mertens

Die Tastkörperchen des Großzehenballens

Histologische und histometrische Untersuchungen zur Altersverteilung

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Heinrich Rüttinger

aus Frickenhausen

Würzburg, den 3. Juni 1980

Aus der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik
Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. Hans Georg Mertens

Die Tastkörperchen des Großzehenballens

Histologische und histometrische Untersuchungen zur Altersverteilung

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Heinrich Rüttinger
aus Frickenhausen

Würzburg, den 3. Juni 1980

Referent: Professor Dr. med. Klaus Schimrigk

Korreferent: Professor Dr. med. Hans Georg Mertens

Dekan: Professor Dr. med. Karl-Heinrich Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 11.7.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	8
3. Material und Methode	13
4. Ergebnisse	17
5. Diskussion	46
6. Zusammenfassung	54
7. Literaturverzeichnis	56

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543512_0011

1. Einleitung

Die Hautbiopsie konnte sich bis jetzt, im Gegensatz zur Nervenbiopsie, noch keinen festen Platz in der Routinediagnostik von Neuropathien sichern, obwohl die Subcutannerven das gleiche Verhalten wie der periphere Nervenstamm zeigen (Schimrigk 1977). An der Neurologischen Klinik Würzburg jedoch hat die Hautbiopsie teilweise bereits die aufwendigere Suralisbiopsie verdrängt.

Diese Tendenz hätte vielleicht schon früher eingesetzt, wäre die Konzeption von Frey (1895) durch neurophysiologische Untersuchungen bestätigt worden.
Beeinflußt durch Joh. Müller's Gesetz der spezifischen Sinnesenergien (1844), gestützt auf die Entdeckung der Sinnespunkte durch Blix (1884/85) und begünstigt durch die zahlreich beschriebenen sensiblen Endorgane der Haut (vgl. Abb. 1), hatte Frey die Vermutung geäußert, daß die Hauptqualitäten der Hautempfindung an spezifische Rezeptoren gebunden sind (28). Dieser Theorie entsprechend galten die freien Nervenendigungen als Schmerz- und Temperaturrezeptoren, die Merkel'schen Scheiben als Druck-, die Henle'schen Haarmanschetten als Berührungs-, die Meißner'schen Körperchen als Tastrezeptoren; die Krause'schen Endkolben sollten für die Kälte-, die Ruffini'schen Körper für die Wärmeempfindung zuständig sein.

Bis heute ist die Existenz spezifischer Rezeptoren jedoch nicht erwiesen (5, 31, 32, 38, 40). Nach neueren Erkenntnissen scheint die Spezifität des Rezeptors im Dendriten zu liegen, wobei für die Lage des Rezeptors und die Bindegewebsstruktur des Körperchens eher die Funktion eines Reizfilters anzunehmen ist.
Auch Hautregionen ohne Nervenkörperchen - z.B. die Kontaktzonen der Lippen - sind für die unterschiedlichsten Reize empfänglich.

Neben der funktionellen ist auch die histologische Spezifität mancher Rezeptoren nicht gesichert. Viele der seit der Mitte

Abb. 1: Synopsis sensibler Nervenendigungen in der Säugetierhaut (Weddell, Palmer und Pallie: Nerve endings in mammalian skin, Biol. Rev. 1954).

des letzten Jahrhunderts beschriebenen Nervenkörperchen sind morphologisch nicht eindeutig charakterisiert (Stöhr 1957, Weddell 1954, Kantner 1957).
Deshalb klassifizierte Kantner die Endkörperchen nur noch in Netz- und Schlingenkörperchen. Zur erstgenannten Gruppe zählte er die Wollustkörper Krause's und die nach Dogiel benannten Körperchen, zur zweiten die Meißner'schen Tastkörper und die Krause'schen Endkolben (37 - 40).

Die Vater-Pacini'schen Körper blieben als getrennte Form bestehen. Ihre Größe, ihre Lage in der Subcutis, ihre charakteristischen Lamellen, die den nervenführenden Innenkolben umschließen und Blutgefäße enthalten können, sowie die Tatsachen, daß sie schon beim Neugeborenen fertig ausgebildet sind und keine nervösen Ausläufer zum Epithel entsenden, sind einige der Merkmale, die sie von den übrigen sensiblen Nervenendkörperchen unterscheiden lassen (Abb. 2).

Daneben gehören aber auch die Meißner'schen Körperchen - als einzige aus der Gruppe der Netz- und Schlingenkörper Kantner's - zu den morphologisch gut abgrenzbaren Rezeptoren (Abb. 3).
Die ovalen Körperchen sind aus übereinandergeschichteten, abgeflachten Zellen aufgebaut, deren länglicher Kern meist peripher liegt. Im tieferen Anteil kommen nach Cauna Zellen vor, die Schwann'schen Zellen ähneln (11). Die Tastkörper werden von mehreren markhaltigen Nervenfasern versorgt, die basal oder auch seitlich in das Körperchen eintreten und sich nach Verlust der Markscheide im wesentlichen in horizontaler Richtung zwischen den Zellen ausbreiten.
Die Axone enden extrazellulär, weisen jedoch eine enge Beziehung zu den Zellen auf. An den Kontaktstellen zeigt das Elektronenmikroskop zuweilen eine geringe Verdickung von Axolemm und Rezeptorzellmembran, wobei auf beiden Seiten Mikrovesikel entlang den Membranen angeordnet sind.
Die Tastkörperchen sind von einer Kapsel aus Fibrozyten und elastischen Fasern umgeben. Ob auch kollagene Fasern beteiligt sind ist noch umstritten (2, 10; 19, 45).

Abb. 2: Vater-Pacini'sche Lamellenkörper in der Subcutis des Großzehenballens eines 7 Tage alten Kindes (H 6/77); Vergrößerung: 102 x .

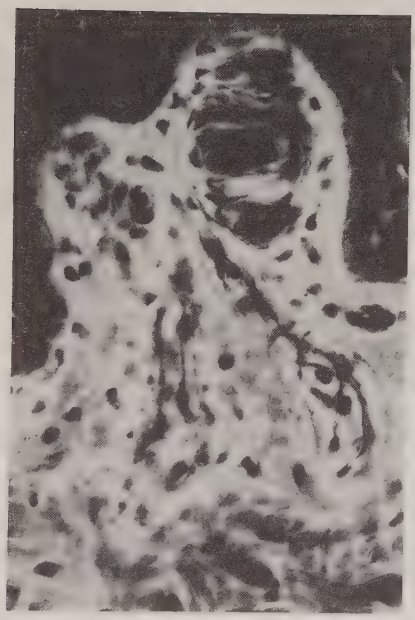


Abb. 3: Meißner'sches Tastkörperchen im Längsschnitt

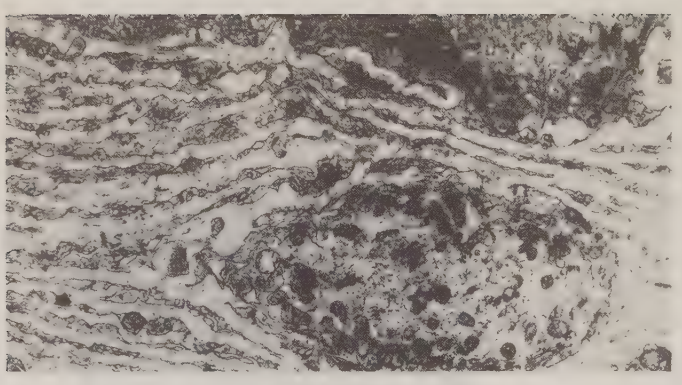


Abb. 4: Ausschnitt von einer elektronenmikroskopischen Aufnahme eines Meißner'schen Tastkörperchens: Endkolben mit zahlreichen Mitochondrien, der von mehreren Lamellen umschichtet ist.
Vergrößerung: 22440 x .

Zusammen mit den Haarfollikeln gehören die Meißner'schen Körper zu den spezifischen Mechanorezeptoren, deren Afferenzen markhaltige A-beta-Fasern, daneben auch A-delta-Fasern, darstellen. Eine exakte Zuordnung der Tastkörper zu bestimmten Empfindungsqualitäten dieses Systems ist nicht möglich.

Quantitative Aspekte wurden bis jetzt nur vereinzelt beim Studium der sensiblen Nervenendigungen berücksichtigt. Geeignet für solche Untersuchungen sind die Endkörperchen, deren histologisches Bild klar beschrieben und deren Lage in der Haut konstant und oberflächennah (vgl. S. 53) ist. Die einzigen korpuskulären Endorgane der Haut, für die dies zutrifft, sind die Meißner'schen Tastkörperchen.

Aufgabenstellung

Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll es sein, anhand von bei Leichen entnommenen Hautpräparaten

- das Vorkommen der Meißner'schen Tastkörper zu untersuchen,
- ihre Häufigkeit zu ermitteln,
- ihre Größe zu messen,
- Aussagen über ihre Struktur an den untersuchten Körperstellen zu machen.

Der entscheidende Punkt bei allen Fragestellungen ist es, eine evtl. vorhandene Abhängigkeit vom Lebensalter zu erkennen.
Im Verlauf der Arbeit stellten sich noch die Fragen nach einer Altersabhängigkeit der Verteilung der Tastkörperchen und nach möglichen Beziehungen zwischen morphologischen, neurophysiologischen und klinischen Befunden.

Damit sollen Grundlagen für spätere Untersuchungen an pathologischen Fällen gelegt und weitere sinnes- und neurophysiologische Arbeiten angeregt werden. Einzelne Tendenzen in diesen Richtungen können schon in dieser Arbeit aufgezeigt werden.

2. Literaturübersicht

1852 beschrieben Wagner und Meißner als erste in den Papillen der Fingerbeeren Tastkörperchen (Corpuscula tactus).* Sie trennten die Papillen streng in Nervenpapillen, die keine Gefäße enthalten, und in Gefäßpapillen, in denen keine Nerven vorkommen. In allen Papillen mit Nerven fanden sie tannenzapfenförmige Körperchen (74), die aus kleinen, horizontal angeordneten Schichten mit dunklen abgeflachten Kernen dazwischen bestehen. Jedes dieser Körperchen wird nach ihrer Meinung von meist zwei markhaltigen Nerven versorgt, die sich im Innern nach Verlust der Markscheide aufzweigen.

In den nicht gefärbten Präparaten vermutete Wagner eine Ähnlichkeit mit den schon seit 1741 bekannten Vater-Pacini'schen Körperchen, wobei nur die Anordnung der Schichten, horizontal in den Tastkörperchen, konzentrisch in den von Vater entdeckten Körpern, different erschien.

In späteren Untersuchungen (52, 53) führte Meißner die Querstreifen der Tastkörper auf die horizontale Anordnung der Nervenfasern in der molekularen Masse des Körperchens zurück.

Meißner gab auch schon die Zahl der Tastkörperchen für verschiedene Körperstellen eines Erwachsenen an. So zählte er z.B. auf 1 mm^2 der distalen Fingerbeere etwa 22, im proximalen Fingerglied 3, an der Plantarseite des letzten Halluxgliedes 7 und in der Mitte der Fußsohle 1 - 2 Tastkörperchen.

Nachdem Krause (1860) die Ansicht vertreten hatte, daß die Zahl der Tastkörperchen sowie ihr quantitatives Verhältnis zu den Papillen während des ganzen Lebens konstant bleibt, waren die Angaben Meißner's für Jahrzehnte die einzigen über die Häufigkeit der Tastkörper (46).

---

* Wahrscheinlich handelt es sich jedoch bei den "rosettenförmigen Nervenwärzchen (Tastrosetten)" Gerber's (29) schon um die gleichen Gebilde.

Kurz nachdem Wagner und Meißner ihre Ergebnisse veröffentlicht hatten, sprach Kölliker, damals Professor der Anatomie in Würzburg, den Tastkörpern ihren besonderen Bau sowie ihre Bedeutung als die von Weber (75) schon früher vermuteten Tastorgane ab. Er hielt die beschriebenen Gebilde, die er "Axenkörper" (43) nannte, vielmehr für den zentralen Bestandteil der Papillen, bestehend aus einem Bindegewebsstrang und einer Lage von embryonalem elastischen Gewebe, die den Papillenspitzen Festigkeit verleihen und den Nerven, die an der Außenseite des "Axenkörpers" entlang zur Papillenspitze laufen, nur als Unterlage dienen sollten.

Diese Kontroverse wurde in den Jahren bis 1860 durch zahlreiche Untersucher fortgesetzt, die entweder mehr den Ansichten von Wagner und Meißner (z.B. Krause, Leydig, Funke) oder denen von Kölliker (Huxley, Virchow, Nuhn, Gerlach) entsprachen.

Tomsa (1865) vermutete als erster die Zusammensetzung des Innenkolbens aus Zellen, nachdem das Innere der Tastkörper zuvor für das angeschwollene Ende des Achsenzylinders (Leydig, zit. n. 46), für die verdickte Markscheide (25) oder für Bindegewebe (43, 46) gehalten worden war.

Der Begriff des Innenkolbens ist v.a. auf Krause zurückzuführen, der für alle terminalen Körperchen einen prinzipiell gleichen Aufbau aus Innenkolben und Kapsel annahm (46, 47). Krause war es u.a. auch, der mit seinen Wollustkörpern und seinem phylogenetischen Stammbaum der Endkörperchen späteren Theorien funktionell spezifischer Körperchen Vorschub leistete.
Nur Botezat übertraf mit seiner Klassifikation - allein in der unbehaarten Haut 39 verschiedene Nervenendigungsformen, darunter 4 verschiedene Meißner'sche Körperchen - die Einteilung Krause's (6).

Mit wenigen Ausnahmen (22, 80) bestätigten die späteren Untersucher das Vorkommen von Zellen in den Tastkörpern, wobei allerdings die Ansichten z.B. darüber auseinander-

gingen, ob die Zellen quer (26, 70, 72, 73), vorwiegend peripher (61) oder auch in der Mitte des Tastkörperchens (33, 49) angeordnet sind.

Ebenso war die Beziehung zwischen den Nervenendigungen und den Zellen der Tastkörper umstritten. Die überwiegende Zahl der Autoren nahm eine extrazelluläre Endigung der Nervenfasern an, die beispielsweise mit einer Anschwellung (21, 26, 47, 52, 61) oder in einem Netz, also nicht frei, (22, 68) erfolgen sollte.
Merkel (1875) dagegen vertrat die Ansicht, die später nur von wenigen geteilt wurde (3), daß sich die Nervenfasern nach Verlust der Markscheide in das Protoplasma der Zellen einsenken und die Nervenscheiden sich in die Zellhüllen fortsetzen. Die meisten Körperchen, auch die Meißner'schen, sollten aus solchen "Tastzellen" zusammengesetzt sein (55).

Nicht umstritten war die Versorgung der Tastkörperchen mit markhaltigen Nervenfasern. Die Meinungen differierten aber hinsichtlich der Frage, ob die Nervenfasern ihre Markscheide beim Eintritt ins Tastkörperchen verlieren (17, 19, 22, 68, 72), bis zur vermuteten Verzweigung behalten (49) oder nur streckenweise wieder markhaltig sind (26).

An diese Punkte knüpfte auch die Diskussion um die charakteristische Querstreifung der Meißner'schen Tastkörperchen an. Je nach angewandter Methode wurden querverlaufende Nervenfasern (21, 52, 53), abgeplattete Zellen (11, 47), auch Nerven und Zellen gemeinsam (26), Zellen und elastische Fasern (70) sowie Trennungsflächen (55) oder Falten der Kapsel (80) für die Querstreifen verantwortlich gemacht.

Timofeew (1890) beschrieb in bestimmten Körperchen von Säugetieren neben dicken, markhaltigen Fasern auch dünne Nervenfasern, die nach Meinung des Autors ein Netz um die Endigung der dicken Fasern bilden (71). Seitdem wurde öfter auch für die Meißner'schen Körperchen eine solche doppelte Nervenversorgung angenommen. Diese zusätzlichen Fasern wurden für marklose (63, 77) oder dünne markhaltige (22), für vegetative (63) oder sensorische (22) Nerven gehalten,

die in der Kapsel verlaufen (77) oder im Tastkörperchen enden sollten (63).
Cauna (1956) konnte in einigen Tastkörperchen neben den markhaltigen auch marklose, nicht vegetative Nervenfasern nachweisen (9).

Nur wenige Untersucher lehnten die Existenz einer Kapsel um die Meißner'schen Körperchen ab (26, 33, 49); z.T. wurde zwischen großen bekapselten und kleinen unbekapselten Tastkörperchen differenziert (50) oder Sonderformen aus einer Kombination beider Formen beschrieben (22, 73). In den ersten Jahren nach ihrer Entdeckung sah man die Hülle oft als Fortsetzung des Neurolemm (46) oder des Perineurium (47, 55) an. Noch heute ist die Zusammensetzung der Kapsel der Tastkörper umstritten, v.a. die Beteiligung von kollagenen Fasern neben der von elastischen Fasern und Fibrozyten (2, 10, 11, 19, 45).

Als Beginn der Entwicklung der Tastkörperchen wird meist der Zeitpunkt um die Geburt angesehen (7, 8, 60). Erst beim etwa einjährigen Kind erreichen die Meißner'schen Körperchen nach den Literaturangaben ihre fertige Struktur (69, Jalowy zit. n. 40). Aber auch danach sind sie keine konstanten Gebilde, sondern unterliegen fortlaufenden Änderungen. Darauf hat v.a. Cauna in zahlreichen Veröffentlichungen in den letzten 25 Jahren hingewiesen (7 - 17). Der Autor hat sogar versucht, Veränderungen, wie z.B. eine Abnahme der Nervenendigungen und Verbreiterungen der intrakorpuskulären Nervenfasern, mit der Schwere der Arbeit zu korrelieren, die die untersuchten Personen zuvor verrichtet hatten.

Wie zu Beginn der Literaturübersicht über die Tastkörperchen schon erwähnt wurde, blieben die Zahlenangaben Meißner's lange Zeit die einzigen Mitteilungen über die Häufigkeit der Tastkörperchen.

Leontowitsch (1901) gab nur eine große Schwankung ihrer Zahl an und vermutete eine inverse Beziehung zu den intrapapillären Nerven (50).

Perez (1931) ermittelte an der Fingerbeere 43,6 Tastkörper je mm^2 bei Kindern und 25,7 pro mm^2 bei Erwachsenen. Bei Kindern gab er das Verhältnis von Tastkörpern und Papillen mit ca. 1 : 2 an, bei Erwachsenen mit ca. 1 : 2,8 (zit. nach 4 und 64).

Die Häufigkeit der Tastkörperchen in der Fingerbeere von Erwachsenen liegt bei allen Autoren, die das Alter nicht berücksichtigt haben, zwischen 20 und 30 pro mm^2 (34, 52, 77, Perez zit. n. 4 und 64).

Ronge (1943) bestimmte bei 9 Personen verschiedenen Alters Zahl und Größe der Meißner'schen Körperchen im distalen Fingerglied und fand eine Abnahme der Zahl von 58 pro mm^2 bei einem einjährigen Kind über 14 bei einer 25-jährigen Person auf 4 bei einer 80-jährigen (64).
Die Ergebnisse Caunas (1965) für die gleiche Körperstelle liegen im Schnitt nur geringfügig darüber (15).

Höher liegen die von Bolton und Mitarbeitern (1966) mit der Cholinesterasetechnik erhobenen Werte. Ihre Zahlen für die Tastkörperchen in der großen Zehe liegen schon in der Größenordnung der von Ronge am Finger gefundenen Ergebnisse (4). (Vgl. auch S. 47)

3. Material und Methode

Die vorliegenden Ergebnisse beruhen auf Untersuchungen an der Haut des Menschen. Von 30 Leichen (18 männlichen und 12 weiblichen) wurde kurz nach Eintritt des Todes am Großzehenballen ein Hautstreifen von durchschnittlich 30 mm^2 Größe entnommen und in 10%-iger Formalinlösung fixiert. Das Alter der Hautspender reichte von 0 (Totgeburt) bis 86 Jahren. Die Verteilung ist der Abbildung 10 zu entnehmen.

Vor der weiteren Verarbeitung wurden die Präparate 30 Min. gewässert, anschließend gefroren und mit dem Mikrotom oberflächenparallele Serienschnitte von 30 µm Dicke angefertigt. Diese horizontale Schnittführung wurde der vertikalen vorgezogen, weil zur quantitativen Erfassung der Befunde die Beurteilung größerer Hautflächen nötig ist. Hierdurch war natürlich die Aussagefähigkeit bezüglich der Struktur, der Nervenversorgung und z.T. der Länge der Tastkörperchen eingeschränkt.

Bei der Mehrzahl der Schnitte fand eine nach Bielschowsky-Gross modifizierte Silberimprägnation Anwendung, bei der die Nerven besonders zur Darstellung gelangen. Da die Auswertung histologischer Präparate wesentlich von der Färbemethode abhängt, seien hier kurz die wichtigsten Schritte genannt:

10 Min. in 20%-iger Silbernitratlösung, danach dreimaliges Bad in 3%-iger Formalinlösung für insgesamt 15 Min., 5 Minuten in Aqua dest., anschließend für 5 Min. in ammoniakalischer Silbernitratlösung (von der Silbernitratlösung, die im ersten Schritt Verwendung findet, wird ein Teil mit Ammoniak titriert, bis der braune Niederschlag wieder verschwindet, und die Hälfte der verbrauchten Menge an Ammoniak nochmals dazugegeben), zweimal 3%-iges Formalin für 5 Min., nach weiteren 5 Minuten in Aqua dest. Aufhellung mit 0,05%-iger Goldchloridlösung.

Jeder 10. Schnitt wurde mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Einen Vergleich der beiden histologischen Färbungen zeigen die Abbildungen 5 und 6 an zwei direkt aufeinanderfolgenden

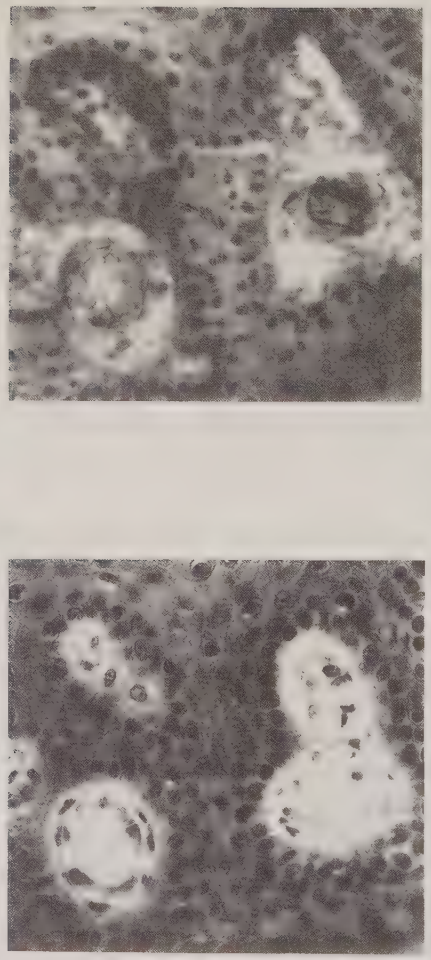


Abb. 5 + 6: Zwei Meißner'sche Tastkörper in den Präparaten eines 12-jährigen Kindes (H 83/77); oben Bielschowsky-Gross, unten HE; Vergr.: 450 x

Horizontalschnitten. Bei einigen Präparaten wurden vor den Horizontalschnitten zusätzlich einzelne Senkrechtschnitte angefertigt und mit Sudanrot B-PAS, Hämatoxylin-Eosin oder Trichrome gefärbt.

Die Auswertung der Präparate erfolgte direkt unter dem Mikroskop. Bei der Zählung wurde berücksichtigt, daß in den meisten Fällen ein Tastkörper sich über mehrere Schnitte erstreckte, indem die Lage der Körperchen auf einer Skizze mit dem Muster der Hautleisten und der Schweißdrüsenausführungsgänge festgehalten wurde. Die Zahl der Tastkörper wurde auf eine Fläche von 10 mm^2 bezogen. Diese Größe wird auch als Konzentration bezeichnet (4, 23).

Bei der Größenbestimmung fand der Zeiss- Teilchengrößenzähler nach Endter und Gebauer (1956) Verwendung. Die Messung der Querschnittsflächen der Tastkörperchen erfolgte mit einer in der Größenordnung von 1,2 mm bis 27,7 mm verstellbaren Irisblende, deren leuchtender Lichtkreis mit variabler Intensität über zwei Projektionsspiegel direkt mit dem zu messenden Objekt zur Deckung gebracht werden kann. Die Größeneinstellung der Irisblende wurde mit einem Objektmikrometer geeicht. Die Messungen wurden bei 500-facher Objektvergrößerung durchgeführt. Der jeweilige Irisblendendurchmesser wurde von einer Digitalanzeige als proportionaler Spannungswert registriert und über ein Umcodiergerät durch Betätigen einer Fußtaste auf Lochstreifen gestanzt. Die Umrechnung der Digitalanzeigenwerte in Flächenwerte erfolgte über einen Computer (Digital pdp-8/e), der auch Mittelwert, Standardabweichung sowie eine Verteilungskurve in Form eines Histogramms ausdruckte.

Die Länge der Meißner'schen Körperchen konnte in den Horizontalschnitten nicht direkt gemessen werden. Um auch hierfür ein Maß zu bekommen, wurde ermittelt, durch wieviele der Schnitte á 30 µm ein Tastkörper durchschnittlich zu verfolgen war.

Eine möglicherweise erfolgte geringe Schrumpfung der Präparate durch die Fixation wurde außer acht gelassen. Ebenso konnte bei der Flächenmessung eine eventuelle Schrägstellung der Tastkörperchen, d.h. eine geringe Abweichung der Längsachse von einer Senkrechten auf die Hautoberfläche, nicht berücksichtigt werden.

Um einen evtl. Einfluß bestimmter Erkrankungen auf die Tastkörperchen erkennen zu können, wurden auch die Sektionsprotokolle der Hautspender beurteilt.

In der behaarten Haut der Wade gibt es keine Tastkörperchen (5, 12, 40). Unsere Untersuchungen bestätigen diese Tatsache. Die Befunde an der Wadenhaut wurden in dieser Studie daher nicht berücksichtigt.

4. Ergebnisse

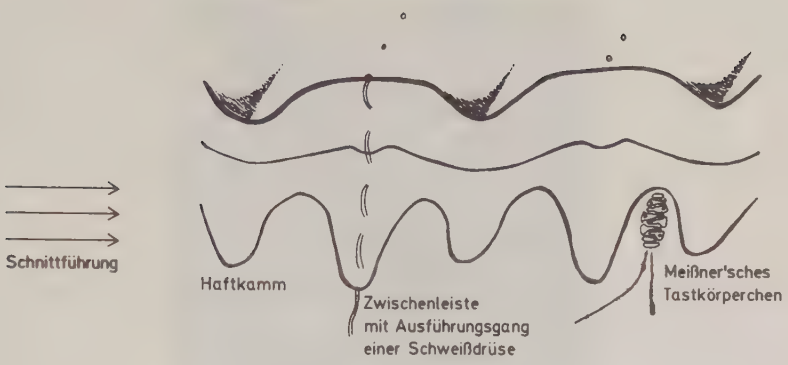


Abb.7 : Schema der Leistenhaut

Die Haut der Fußsohle ist, wie die der Hohlhand, aus Leisten aufgebaut (Abb. 7). Den mit bloßem Auge sichtbaren Furchen entsprechen in der Tiefe die Haftkämme oder Grenzleisten. In der Mitte zwischen diesen befinden sich die tiefer ins Corium reichenden Drüsenkämme, an deren Basis sich ein Nervennetz ausbreitet. Die in diesen Zwischenleisten verlaufenden Ausführungsgänge der Schweißdrüsen münden auf der Höhe der Leisten an der Hautoberfläche. Zu beiden Seiten der Drüsenleiste ragt eine Reihe von Coriumpapillen in die Epidermis. In der Spitze dieser Papillen liegen die Tastkörperchen.

In der Regel befindet sich in einer Papille nur ein Meißner'sches Körperchen; es kommen jedoch auch zwei, seltener drei in einer Papille vor, die untereinander durch eine Nervenfaser verbunden sein können (Abb. 9).

Abb. 8: Übersichtsaufnahme von der Leistenhaut des Großzehenballens einer knapp 30-jährigen Frau (H 78/77); Vergr.: 64 x ; Färbung: Bielschowsky-Gross.

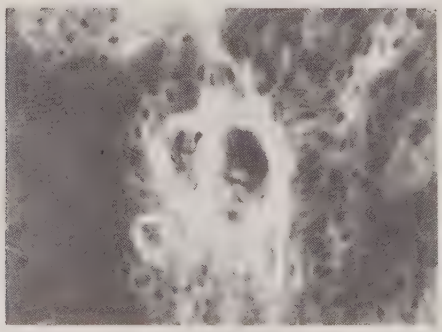


Abb. 9: Zwei Tastkörper in einer Papille; die verbindende Nervenfaser befindet sich außerhalb der fotographierten Ebene; Vergr.: 448 x ; Bielschowsky-Gross; (H 78/77).

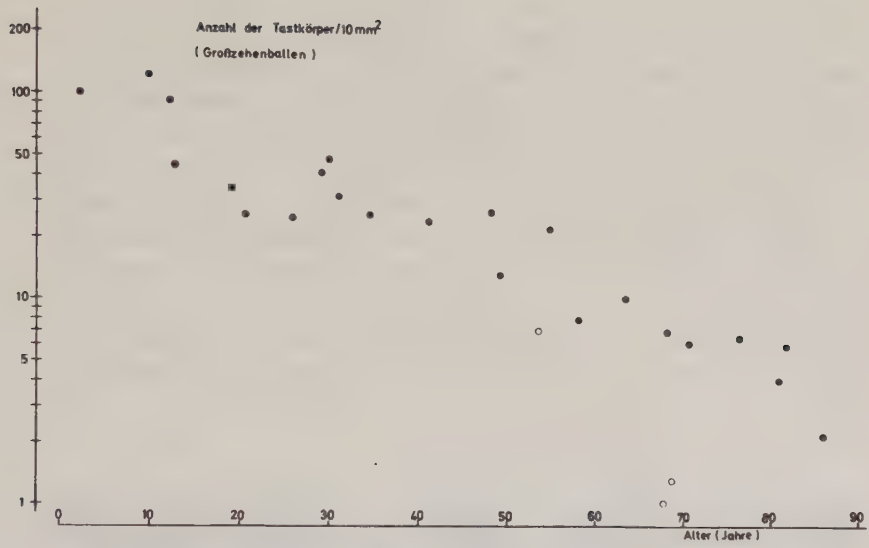


Abb.10 : Altersabhängigkeit der Tastkörperanzahl pro Fläche

In der Haut des Großzehenballens nimmt die Zahl der Meißner'schen Tastkörperchen pro Flächeneinheit mit zunehmendem Alter exponentiell ab. Bei halblogarithmischer Darstellung des Zusammenhangs - wobei die logarithmische Skala für die Tastkörperchenkonzentration verwendet wird - ergibt sich im Schnitt eine Gerade (Abb. 10 und 13).

Die Halbwertszeit, i.e. die Zeit, in der sich die Zahl der Tastkörper jeweils auf die Hälfte verringert, beträgt - mit Ausnahme der ersten Lebensjahre - knapp 20 Jahre. Der empirische Korrelationskoeffizient hat die Größe von ca. -0,8.

Bei Kindern findet man mit über 100 Tastkörperchen pro 10 mm^2 Zehenballenfläche die höchsten Werte. Im hohen Alter sinkt die Zahl der Tastkörper auf gleichgroßer Fläche bis unter zehn.

Die Ergebnisse von den zwei altersmäßig jüngsten Hautspendern - einer Totgeburt und einem im Alter von sieben Tagen verstorbenen Mädchen - fehlen in der Abbildung, weil die Meißner'schen Tastkörperchen - im Gegensatz zu den Vater-Pacini'schen Lamellenkörperchen (Abb. 2) - in diesem Lebensalter noch nicht vollständig entwickelt sind, und so eine exakte Auswertung nicht möglich ist. Die Nervenfasern machen nur leichte Schlingen und zeigen in den Papillenspitzen evtl. eine leichte Anschwellung. Auch die bindegewebige Scheide um das Tastkörperchen fehlt noch (Abb. 11).
Auf Grund der Größe der Haut wäre die Zahl in diesem Alter auf etwa 400 Tastkörperchen pro 10 mm^2 zu schätzen.

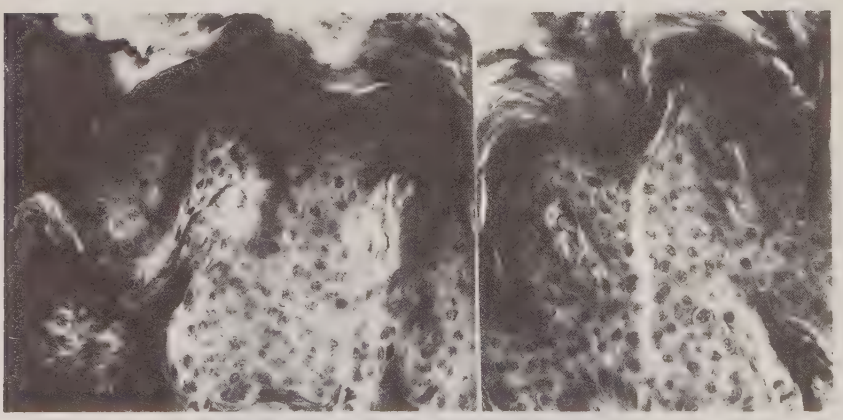


Abb. 11: Großzehenballenhaut eines eine Woche alten Kindes (H 6/77); Vergrößerung: 410 x

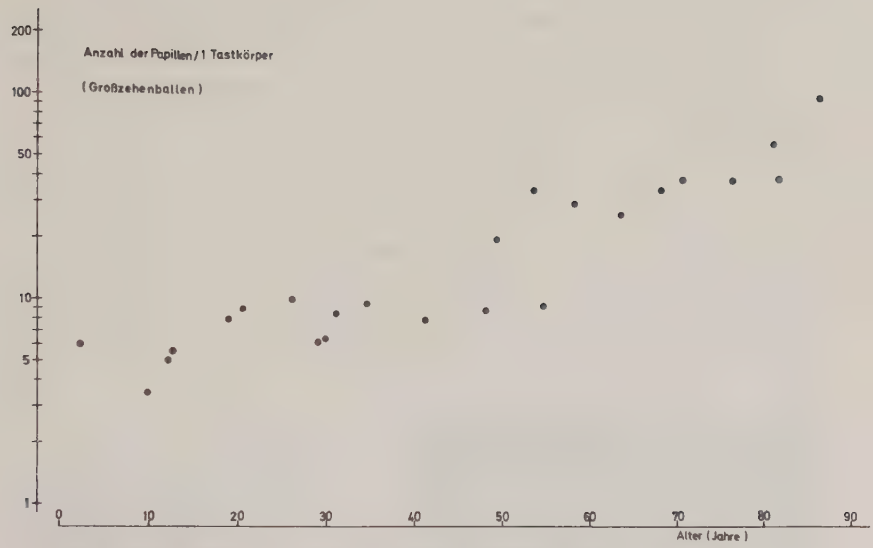


Abb.12 Quantitatives Verhältnis von Coriumpapillen und Tastkörpern in Abhängigkeit vom Alter

Betrachtet man die Zahl der Meißner'schen Körperchen nicht in Bezug auf eine bestimmte Fläche, sondern untersucht die Beziehung zwischen der Tastkörperzahl und der Anzahl der Coriumpapillen, so findet man ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit vom Alter: Die Relation zwischen Tastkörpern und Papillen verschiebt sich mit zunehmendem Alter immer mehr zugunsten der Papillen; d.h., je älter ein Mensch wird, desto weniger Papillen enthalten noch ein Tastkörperchen.

Zeichnet man auch diese Ergebnisse in ein halblogarithmisches Koordinatensystem (Abb. 12), so ergibt sich im Mittel nicht über den ganzen Altersbereich eine Gerade, was in Abbildung 13 deutlicher zu erkennen ist.

In dieser Graphik sind die Abbildungen 10 und 12 zusammengefaßt. An Stelle der Einzelwerte wurden die Ausgleichskurven durch die Mittelwerte der einzelnen Zehnjahres-

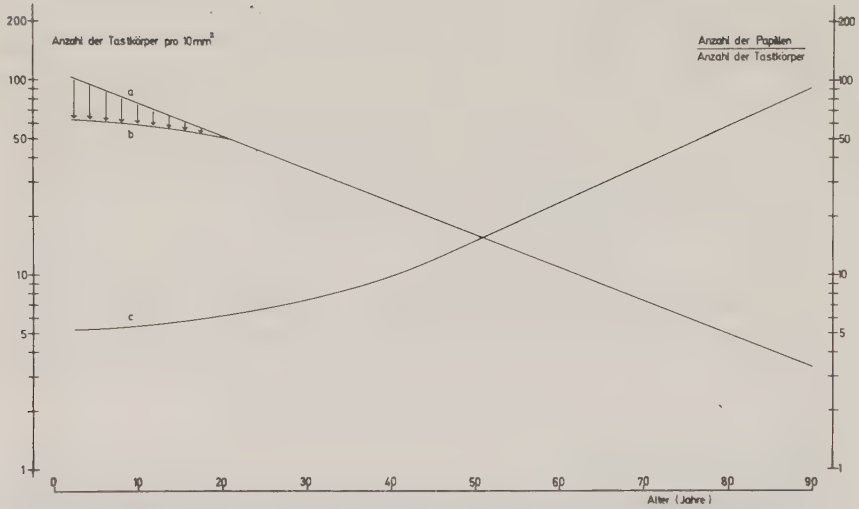


Abb.13: a = Tastkörperanzahl pro 10mm², b = eigentliche Verminderung der Tastkörper nach Elimination des Wachstumseinflusses, c = Zahlenverhältnis von Papillen und Tastkörperchen

klassen gezeichnet. Die fallende Gerade zeigt die Abnahme der Tastkörperchen mit zunehmendem Alter (Kurve a mit dazugehöriger linker Ordinate); die steigende Kurve stellt noch einmal die Altersabhängigkeit des Verhältnisses von Papillen und Tastkörpern dar (Kurve c und rechte Ordinate).

Die Diskrepanz beider Kurvenverläufe im kindlichen und jugendlichen Alter läßt sich z.T. erklären, wenn man das Wachstum der Haut in diesem Lebensabschnitt berücksichtigt. Denn allein dadurch reduziert sich die Zahl der Tastkörperchen auf einer bestimmten Fläche.
Der wachstumsbedingte Anteil an der Konzentrationsabnahme ist in der Abbildung 13 durch senkrechte Pfeile charakterisiert. Der durch die Pfeilspitzen gebildete Kurvenabschnitt (b) zeigt den eigentlichen Verlust an Tastkörpern.

In einer Abbildung mit linearer Darstellung der Tastkörperkonzentration (Abb. 16) ist der Einfluß des Wachstums besser zu erkennen.

Die Ergebnisse von zwei etwa 12-jährigen Mädchen seien zur Erläuterung gesondert aufgeführt. Während die Präparate des einen Mädchens bzgl. Größe der Leisten, Anzahl der Schweißdrüsenausführungsgänge pro Flächeneinheit etc. (Abb. 14) denen von Erwachsenen entsprachen, waren die Präparate des anderen Mädchens eher einem jüngeren Kind zuzuordnen (Abb. 15). Dementsprechend lag die Tastkörperkonzentration des ersten Mädchens deutlich unter der des anderen, das Verhältnis von Tastkörperchen und Papillen aber war bei beiden etwa gleich groß. Abbildung 8 zeigt zum Vergleich bei gleicher Vergrößerung einen Präparateausschnitt der Haut einer 30-jährigen Frau.

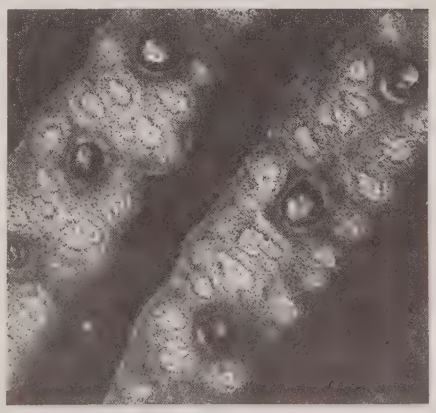


Abb. 14: Großzehenballenhaut des 12-jährigen Mädchens mit geringerer Tastkörperanzahl; Bielschowsky-Gross; Vergr.: 64 x (H 42/77)

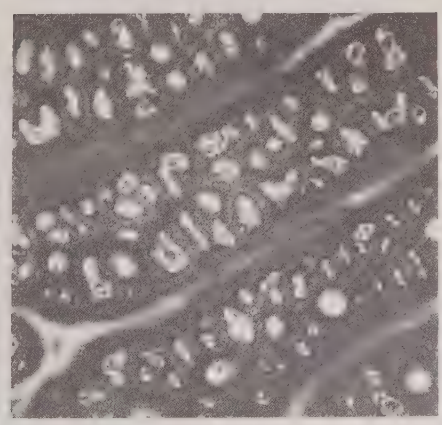


Abb. 15: Hautpräparat des 12-jährigen Kindes mit großer Tastkörperzahl pro 10 mm^2 (H 83/77); Vergrößerung und Färbung wie in Abb. 14.

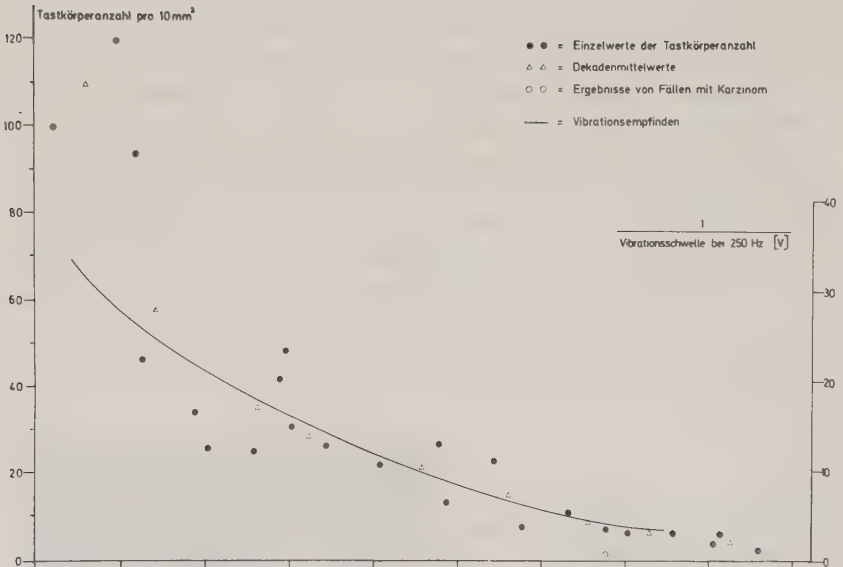


Abb.16 Korrelation zwischen Tastkörperanzahl und Vibrationsempfinden

Es ist schon einige Jahrzehnte bekannt, daß die Vibrationsempfindung für eine bestimmte Frequenz nicht während des ganzen Lebens konstant ist. Dies wird auch bei der klinischen Diagnostik berücksichtigt. So ist aus einem Diagramm der elektrophysiologischen Abteilung der hiesigen Neurologischen Klinik zu entnehmen, daß der Normbereich für die Vibrationsschwelle bei 250 Hz mit zunehmendem Alter ansteigt; die notwendige Spannung, die gerade eine Vibrationsempfindung hervorruft, erhöht sich an der Großzehe deutlicher als am Zeigefinger (Klein 1969, Seiler und Ricker 1971).

Nimmt man als Maß für die Fähigkeit zur Vibrationsempfindung den Reziprokwert dieser Vibrationsschwelle, so ergibt sich hierfür eine dementsprechende Abnahme mit zunehmendem Alter. In Abbildung 16 ist dieser Zusammenhang graphisch dargestellt (Kurve und rechte Ordinate).

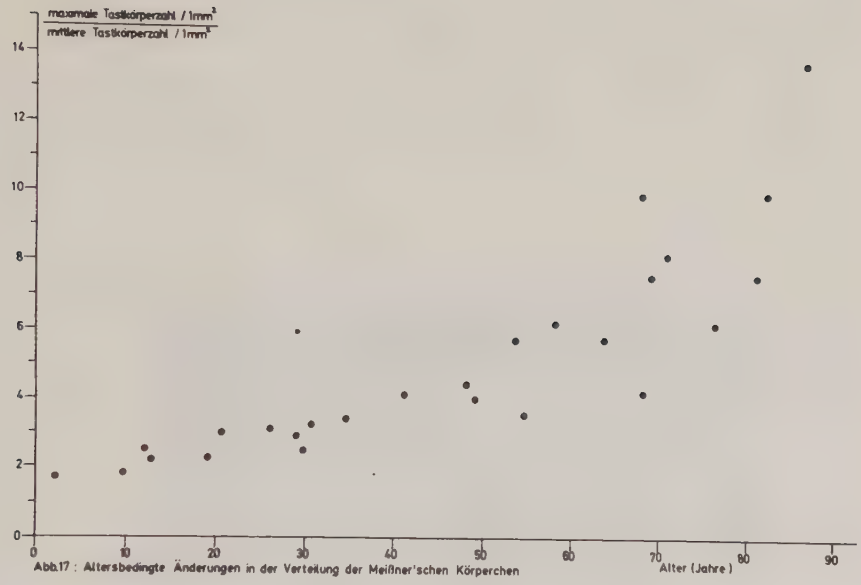


Abb.17 : Altersbedingte Änderungen in der Verteilung der Meißner'schen Körperchen

In die gleiche Abbildung sind nun auch die Tastkörperkonzentrationen eingezeichnet (Punkte und linke Ordinate) - diesmal aber mit linearem Maßstab. Man erkennt, daß sich das Vibrationsempfinden etwa im gleichen Maße mit dem Alter reduziert wie die Zahl der Meißner'schen Körperchen pro Flächeneinheit.

Betrachtet man auch für die Tastkörperkonzentrationen nur die Klassenmittelwerte (△), so wird die weitgehende Parallelität zwischen der Fähigkeit zur Vibrationsempfindung und der Tastkörperkonzentration im Erwachsenenalter noch deutlicher.

Im Kindesalter dagegen folgt die Kurve nicht dem steilen Anstieg der Tastkörperzahlen. Es ist jedoch bemerkenswert, daß der Verlauf ziemlich exakt der Kurve b in der Abbildung 13 entspricht, die die eigentliche Abnahme der Meißner'schen Körperchen zeigt.

Bei der mikroskopischen Begutachtung der histologischen Präparate fiel auf, daß die Verteilung der Tastkörperchen zuweilen ziemlich ungleichmäßig war.
Um diesen Eindruck zu bestätigen, wurde der Quotient aus maximaler und durchschnittlicher Tastkörperzahl pro einem Quadratmillimeter in Abhängigkeit vom Alter graphisch dargestellt (Abb. 17).
Die Maximalwerte wurden jeweils auf einer einen Quadratmillimeter großen Kreisfläche bestimmt.
Die ermittelten Verhältniszahlen steigen mit zunehmendem Alter an. In den ersten Lebensjahren findet man auf 1 mm^2 maximal das zwei- bis dreifache der durchschnittlichen Tastkörperzahl. Bis zum Senium steigt dieser Quotient bis zum 10-fachen und darüber. Gelegentlich liegen im höheren Alter vier bis sechs Tastkörperchen in nächster Nähe (Abb. 18), während in der Umgebung keine oder nur vereinzelte Tastkörper vorhanden sind. Mit wenigen Ausnahmen bei Kindern gibt es fast immer auch eine 1 mm^2 große Fläche ohne Meißner'sche Körperchen (vgl. Abb. 14).

Diese Betrachtungen zeigen, daß die Verteilung der Tastkörperchen am Großzehenballen mit zunehmendem Alter immer ungleichmäßiger wird.

Nachdem für die Häufigkeit der Meißner'schen Körperchen die Abhängigkeit vom Alter nachgewiesen war, wurde dies auch für die Größe der Tastkörper untersucht.
Dazu wurden einmal in den Horizontalschnitten alle Schnittflächen der Tastkörperchen gemessen und der jeweilige Mittelwert errechnet. Das Ergebnis in Abhängigkeit vom Alter zeigt die Abbildung 19. Da in der Literatur die Größe der Tastkörperchen meist durch den Durchmesser angegeben wird, sind neben dem Flächenmaß - unter der Annahme eines kreisrunden Querschnittes - auch die entsprechenden Durchmesser aufgetragen.

Als Maß für die Länge der Tastkörper ist in Abbildung 20 dargestellt, durch wieviele der 30 µm dicken Schnitte ein Tastkörperchen durchschnittlich zu verfolgen war.

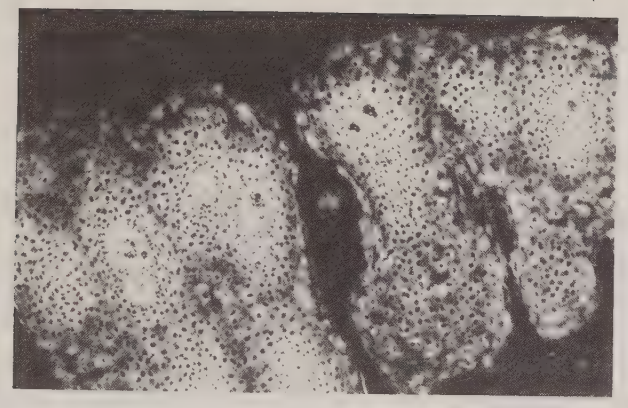


Abb. 18: Hautpräparat vom Großzehenballen einer 81-jährigen Frau mit mehreren Tastkörperchen (H 51/77); Vergr.: 128 x ; Färbung: Bielschowsky-Gross.

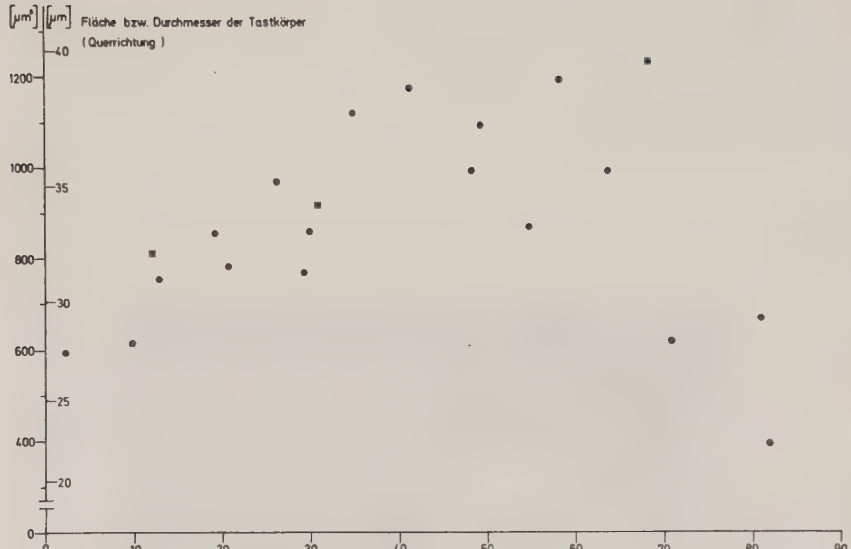


Abb.19 · Breite der Meißner'schen Tastkörper in Abhängigkeit vom Lebensalter

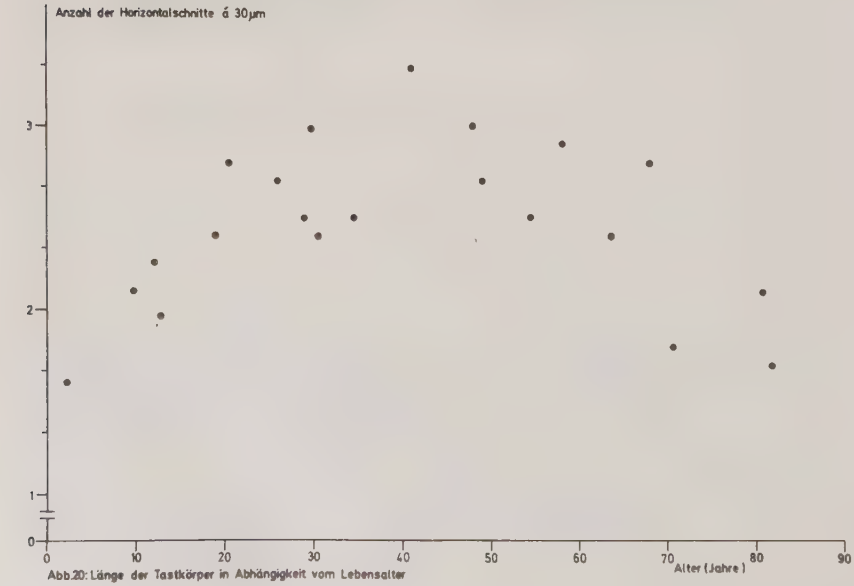


Abb.20: Länge der Tastkörper in Abhängigkeit vom Lebensalter

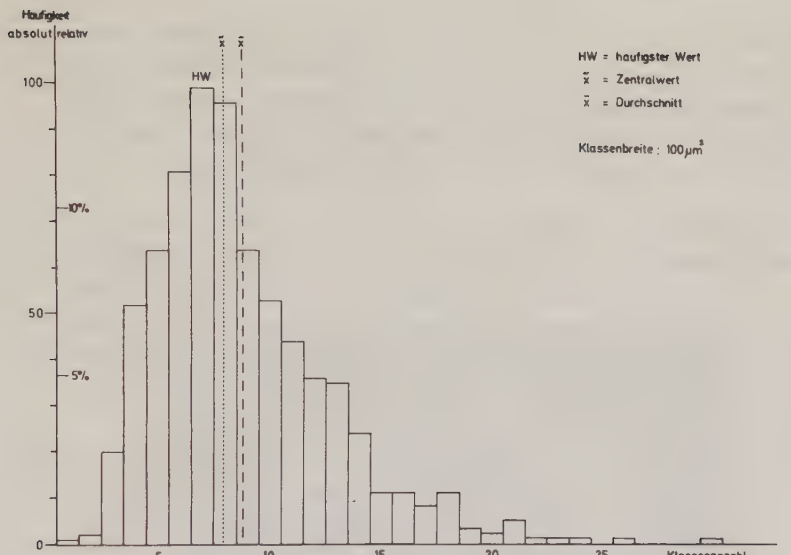


Abb. 21: Beispielhafte Häufigkeitsverteilung der Querschnittsflächen von Tastkörperchen

Den beiden Diagrammen, die in etwa die gleiche Tendenz zeigen, ist zu entnehmen, daß die Meißner'schen Körperchen in den ersten Lebensjahrzehnten stetig an Größe zunehmen. Sowohl die Länge als auch die Querschnittsfläche verdoppeln sich vom Kleinkindesalter an gerechnet bis auf eine durchschnittliche Länge von ca. 100 µm und eine mittlere Fläche von 1200 μm^2 beim Erwachsenen. Im höheren Alter werden die Tastkörperchen zum Teil deutlich atrophisch.

Die Länge der Tastkörper weist eine große Variationsbreite auf. Die Spannweite reicht von Körperchen, die nur in einem Schnitt dargestellt sind, bis zu solchen, die in sieben Schnitten getroffen sind, also etwa 210 µm lang sind.

Auch die Querschnittsflächen der Meißner'schen Tastkörper zeigen eine relativ große Streubreite. Da die Verteilung dieser Flächen recht konstant ist, ist eine charakteristische Häufigkeitsverteilung in Abbildung 21 aufgezeichnet.

Es handelt sich um ein rechtsschiefes Histogramm; der Zentralwert ist kleiner als der Durchschnittswert. Die größeren Querschnittsflächen sind weniger zahlreich als kleinere oder mittlere. Die maximalen Flächen liegen im Bereich des zwei- bis vierfachen des Durchschnittes.

Die Struktur der Meißner'schen Tastkörperchen, ihre Nervenversorgung, der Verlauf der Nervenfasern im Körperchen sowie deren Endigung wurden in den letzten Jahrzehnten licht- und elektronenmikroskopisch ausgiebig untersucht. Deshalb seien zu diesen Punkten nur einige Bemerkungen zu den Verhältnissen am Großzehenballen angefügt, wobei Fotographien das Gesagte erläutern sollen.
Ebenso wie Zahl und Größe der Tastkörperchen mit dem Alter variieren, unterliegt auch das lichtmikroskopische Bild z.T. charakteristischen Veränderungen, auch wenn große individuelle Unterschiede bestehen.

Auf den Beginn der Entwicklung der Tastkörperchen bei Neugeborenen wurde schon hingewiesen (S. 20 u. Abb. 11). Im Kindesalter zeigen die Nervenfasern im Tastkörperchen eine ausgiebige Verzweigung und sind meist über den ganzen Querschnitt ausgebreitet. Die Fotographien können davon nur den Teil, der sich gerade in der Fokalebene befindet, zeigen (vgl. Abb. 22 und 29).
Im Erwachsenenalter sind die Nervenfasern in vielen Fällen breiter als bei Kindern; dafür sind sie unregelmäßiger verteilt und nicht mehr so stark verzweigt. Deshalb kann man manchmal den Nervenverlauf etwas leichter verfolgen. Die an bestimmten Abschnitten dieser Nervenfasern sichtbar werdende fibrilläre Struktur ist nach Cauna auf eine dauernde Druckeinwirkung - am Fuß das Körpergewicht - zurückzuführen. Der Autor hat diese Veränderungen v.a. an Tastkörpern in den Fingern Erwachsener beschrieben, die mit ihren Händen körperlich arbeiten mußten (9).

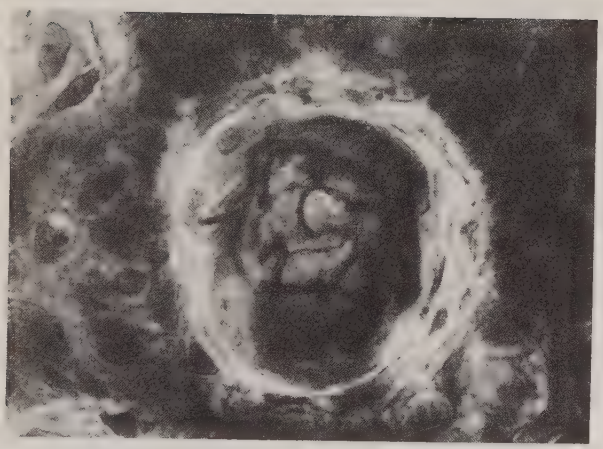


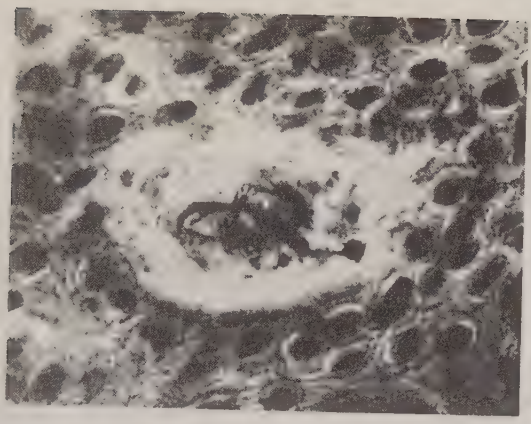
Abb. 22: Meißner'sches Tastkörperchen eines 12-jährigen Kindes (H 83/77); gleiches Körperchen wie in Abb. 29 rechts unten, nur in einer anderen Ebene fotographiert; Vergr.: 1120 x ; Versilberung nach Bielschowsky-Gross.

Die Atrophie der Tastkörperchen im hohen Alter dehnt sich offensichtlich nicht in dem selben Maße auf die Nervenfasern aus, denn auch bei über 70- und 80-Jährigen sind in vielen Tastkörpern reichlich Nervenschlingen vorhanden (Abb. 23 und 24).

Die Beschreibung der Nervenendigungen soll in Anlehnung an Cauna erfolgen, der die Nervenendigungen in den Tastkörpern der Finger untersucht und vier verschiedene Typen hervorgehoben hat, die alle zu einer Vergrößerung der dem Reiz dargebotenen nervösen Fläche führen sollen. Die häufigste Endigung, v.a. bei Kindern, sind danach offene neurofibrilläre Netze; daneben gibt es noch geschlossene neurofibrilläre Endkolben, freie Verzweigungen mit in Seitenansicht dichten Endknöpfen und wie Perlen aufgereihte Nervenendigungen (9).
In Hautregionen, die dauerndem Druck ausgesetzt waren, hat Cauna diese Endigungen seltener und einfacher vorgefunden, was auch in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden kann. So war die erstgenannte Endigungsform in den Tastkörperchen des Großzehenballens nur selten vorhanden (Abb. 25).

Beispiele für andere, häufigere Endigungen der Nervenfasern in den Tastkörperchen sind in den Abbildungen der Seiten 42 - 44 zu sehen. Aber nicht alle Strukturen, die in den Abbildungen als Endigungen imponieren, sind auch welche; teilweise löst sich eine endständig erscheinende Verdickung im Mikroskop in eine Umbiegung der Nervenfaser auf.

Abbildung 26 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme einer Nervenendigung in einem Meißner'schen Tastkörper. Das Nervenende enthält zahlreiche Mitochondrien und ist von mehreren, etwa konzentrisch angeordneten Lamellen umgeben, die Ausläufer der Tastkörperzellen darstellen. Diese Zellen zeigen damit bzgl. ihrer Relation zu den nervösen Elementen eine Ähnlichkeit mit Schwann'schen Zellen, bilden jedoch z.B. kein Myelin. In einem Tastkörper finden sich mehrere solcher Endstrukturen.



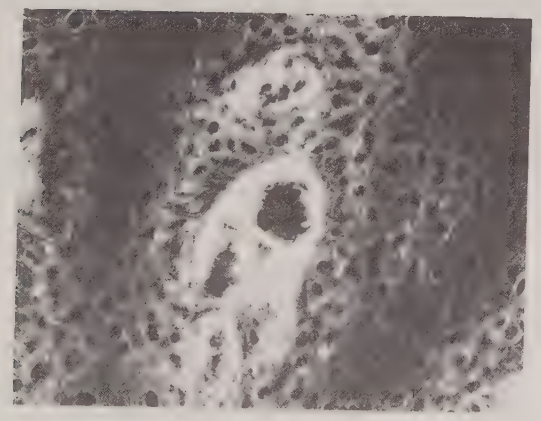


Abb. 23 + 24: Tastkörperchen eines 70-jährigen Mannes (H 16/77); Vergr.: oberes Bild 1020 x, unteres Bild 410 x; Bielschowsky-Gross.

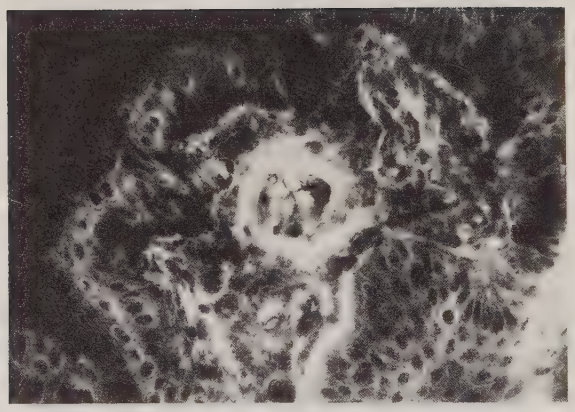


Abb. 25: Meißner'sches Tastkörperchen eines 19-jährigen Jugendlichen (H 56/77) mit einer Struktur, die den offenen neurofibrillären Netzen Cauna's etwa entspricht; Vergr.: 410 x ; Färbung: Bielschowsky-Gross.

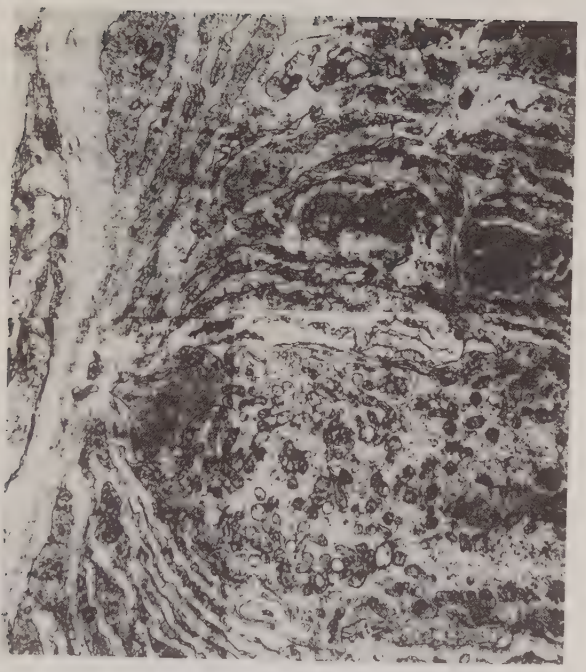


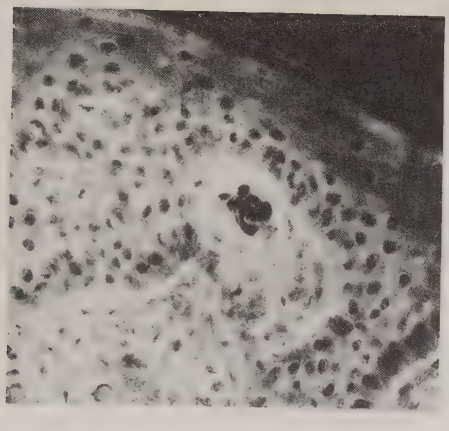
Abb. 26: Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Nervenendigung in einem Tastkörper mit umgebenden Lamellen (s. S. 32); Vergr.: 22440 x .

An dieser Stelle sei noch einmal auf das 12-jährige Mädchen mit der niedrigen Tastkörperkonzentration zurückgekommen. Es war an den Folgen eines Spongioblastoms des Hirnstammes gestorben. Die geringe Tastkörperchenzahl pro Flächeneinheit war dabei weitgehend durch die Größe der Haut (s. S. 23) zu erklären.
Die Hälfte der Tastkörperchen zeigte den etwa zu erwartenden Befund. Bei den übrigen waren die Nervenfasern in den Körperchen z.T. deutlich verbreitet; die Nervenschlingen füllten manchmal nur einen Teil der Querschnittsfläche aus (Abb. 27). Das Auffällige an diesen Meißner'schen Körperchen wird bei einem Vergleich mit Bildern des anderen 12-jährigen Kindes besonders hervorgehoben (Abb. S. 37 und 38, 39).

In anderen Fällen scheinen sich maligne Tumoren besonders auf die Häufigkeit der Tastkörperchen auszuwirken. In der Abbildung 10 sind die Tastkörperkonzentrationen der Personen, die an einem Karzinom bzw. dessen direkten Folgen gestorben sind, durch Kreise gekennzeichnet. Die Zahl der Meißner'schen Körperchen lag in diesen Präparaten zum Teil erheblich unter dem altersentsprechenden Bereich.

Im einzelnen handelte es sich um folgende Fälle: Bei einem 53-jährigen Mann wurde ein seltenes bronchioalveoläres Adenocarcinom diagnostiziert, das schon multiple osteoblastische Metastasen gebildet hatte. Eine 67 Jahre alt gewordene Frau hatte sowohl ein entdifferenziertes Nierenkarzinom, als auch ein hochdifferenziertes hypernephroides Nierenkarzinom. Auch hier waren schon zahlreiche Tochtergeschwülste lokal und in der Lunge vorhanden. Ein Mann starb mit 68 Jahren an den Folgen eines ausgedehnten Plattenepithelkarzinoms in den Bronchien. Möglicherweise hat bei diesen Befunden eine paraneoplastische Polyneuropathie bestanden.

Andererseits wurde bei einem Mann, der mit 70 Jahren an den Folgen einer Coronarsklerose starb und eine altersentsprechende Zahl von Tastkörpern aufwies, autoptisch im Colon ascendens ein kleines Adenocarcinom gefunden.



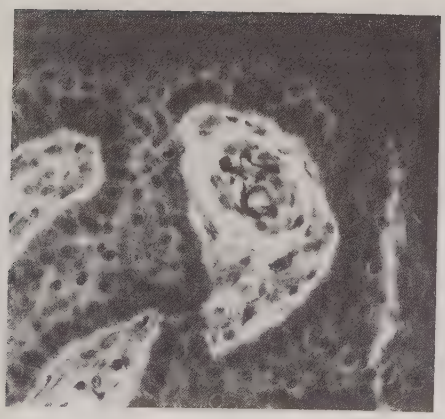
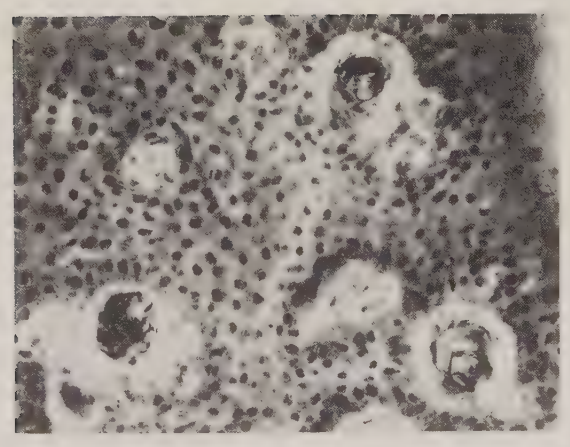


Abb. 27 + 28: Legende s. S. 40.



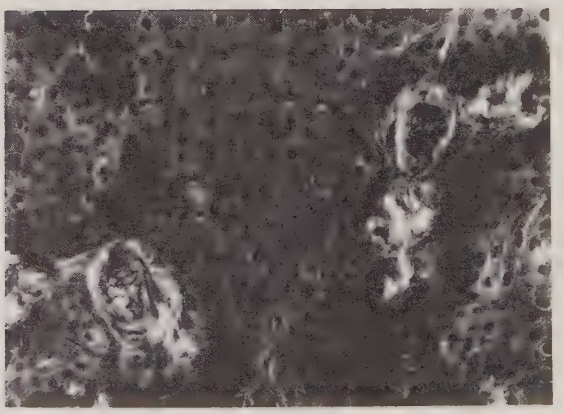


Abb. 29 (oben) + 30: Legende s.S. 40.

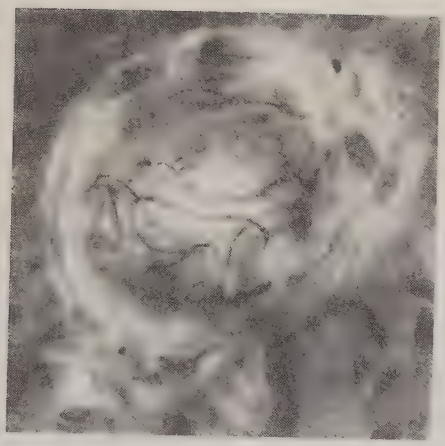


Abb. 31 + 32: Legende s. S. 40.

Auffällig und interessant zugleich waren die Präparate von drei Personen, und zwar von einem 44 Jahre alt gewordenen Mann, der an einer Lungenembolie starb, von einem 30-jährigen Mann, der Suicid mit Cyankali beging und von einem knapp 35-jährigen Mann, der durch Erhängen aus dem Leben schied.

Der gemeinsame Befund bei diesen drei Fällen waren extrem weitgestellte Kapillaren in den Coriumpapillen (Abb. 33). Bei den beiden Erstgenannten waren zudem keine Tastkörper mehr zu sehen. In dem anderen Fall waren die Tastkörperchen noch zu finden; sie lagen jedoch meist nicht direkt in den Papillenspitzen, die von den weiten Kapillaren besetzt waren, sondern in tieferen Schichten. Hierbei handelte es sich wahrscheinlich nur um eine mechanische Verdrängung der Tastkörperchen. Worauf es allerdings zurückzuführen ist, daß sie in den beiden anderen Fällen, sowohl mit der Bielschowsky-Gross- als auch mit der Hämatoxylin-Eosin-Färbung, nicht darstellbar waren, kann nicht entschieden werden.

Zu Seite 37:

Abb. 27 und 28: Tastkörperchen eines an einem Spongioblastom gestorbenen 12-jährigen Mädchens (H 42/77);
Vergrößerung: jeweils 410 x
Färbung: Bielschowsky-Gross

zu Seite 38 und 39:

Abb. 29 - 32: Tastkörperchen eines 12-jährigen Mädchens mit hoher Tastkörperzahl pro Fläche (H 83/77);
Vergrößerung: Abb.29: 350 x
Abb.30: 320 x
Abb.31: 1120 x
Abb.32: 1120 x
Färbung: alle Bielschowsky-Gross.

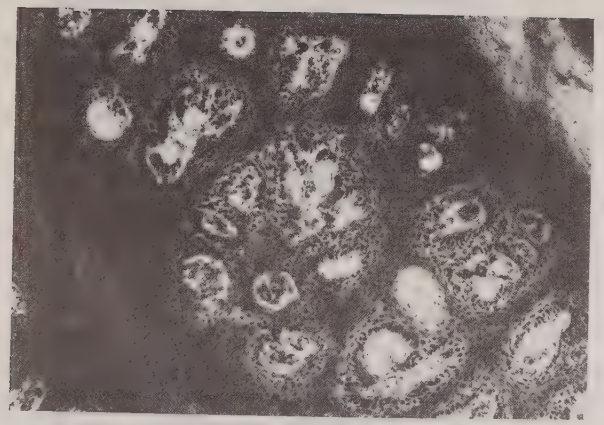
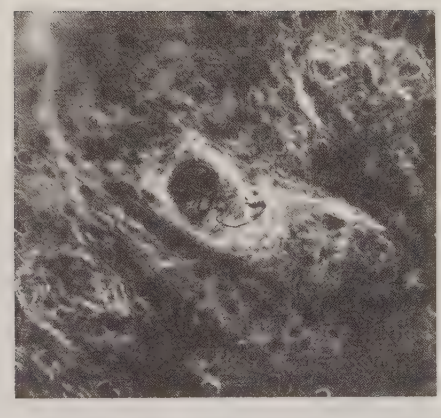


Abb. 33: Großzehenballenhaut des 30-jährigen Mannes, der Suicid mit Cyankali beging (H 31/77); man findet in fast allen Papillen weite Kapillaren, die z.T. prall mit Erythrozyten gefüllt sind;
Vergr.: 128 x ; Färbung: Bielschowsky-Gross.



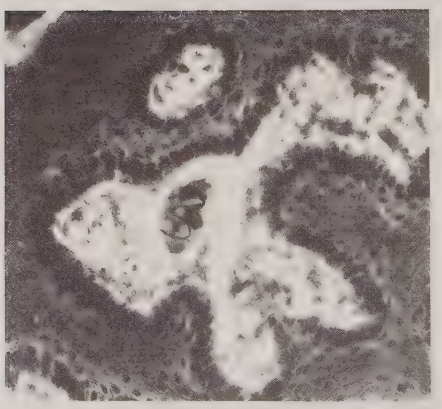
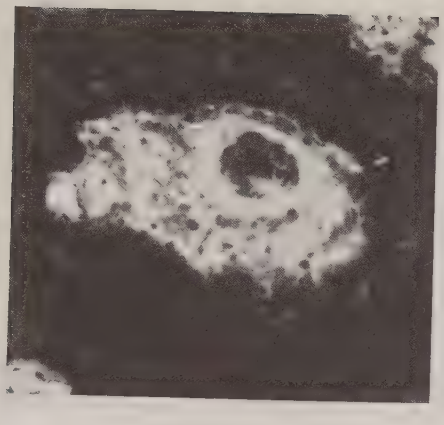


Abb. 34 (oben) + 35: Legende s. S. 45.



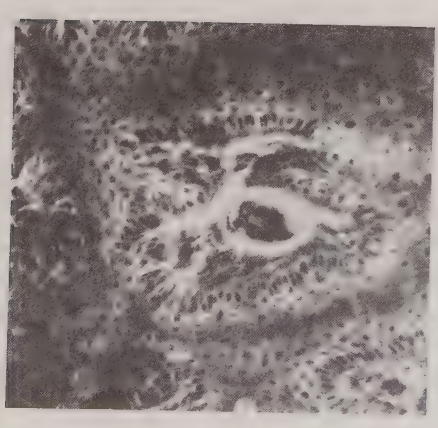
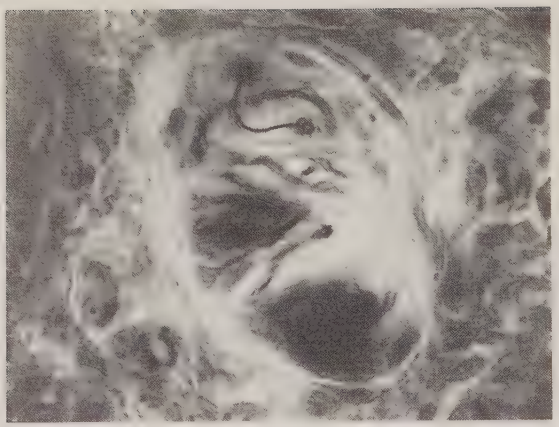


Abb. 36 (oben) + 37: Legende s. S. 45.



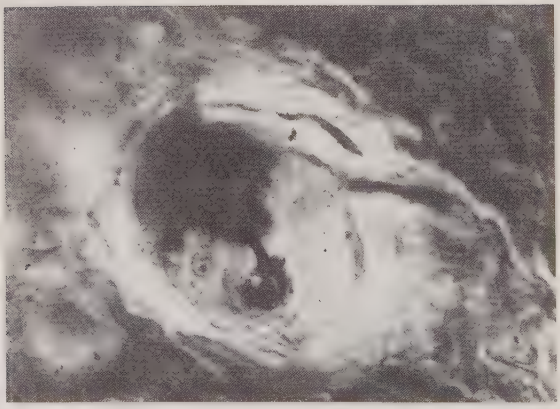


Abb. 38 (oben) + 39: Legende s. S. 45.

Legenden zu den Abbildungen auf den Seiten 42, 43 und 44:

zu Seite 42:

Abb. 34 (oben) : Tastkörperchen in der Haut des Großzehenballens einer 30-jährigen Frau (H 78/77); Vergrößerung: 410 x

Abb. 35 (unten): Tastkörperchen einer 29-jährigen Frau (H 69/77); Vergr.: 320 x

zu Seite 43:

Abb. 36 (oben) : Meißner'sches Tastkörperchen einer 29-jährigen Frau (H 69/77); Vergrößerung: 410 x

Abb. 37 (unten): Tastkörperchen in der Ballenhaut eines 19-Jährigen (H56/77); Vergrößerung: 256 x

zu Seite 44:

Abb. 38 (oben) : Meißner'sches Tastkörperchen einer 30-jährigen Frau (H 78/77); Vergrößerung: 1120 x

Abb. 39 (unten): Tastkörperchen einer 30-jährigen Frau; Vergr.: 1120 x .

Färbung: Silberimprägnation nach Bielschowsky-Gross.

5. Diskussion

In der behaarten Haut der Wade waren keine Meißner'schen Körperchen darstellbar. Dies steht in Übereinstimmung mit Angaben in der Literatur, wonach Nervenendkörperchen beim Menschen nur in der nicht behaarten oder wenig behaarten Haut, wie z.B. dem Handrücken, und in der Schleimhaut vorkommen (5, 12, 40).

Dementsprechend waren die Tastkörperchen in der Haut des Großzehenballens fast regelmäßig vorhanden, wobei eine charakteristische Abnahme ihrer Zahl mit zunehmendem Alter festzustellen war. Die v.a. im Kindesalter stark ausgeprägte Verminderung der Tastkörperzahl pro Flächeneinheit ist dabei zum größeren Teil eine relative Abnahme, bedingt durch das Wachstum der Haut; eine absolute Abnahme findet auch statt, ist aber von etwas geringerer Bedeutung.

Die Häufigkeit und Altersabhängigkeit der Meißner'schen Körperchen waren bis jetzt an dieser Körperstelle noch nicht ermittelt worden. Die meisten Untersucher, die sich diesem Thema widmeten, befassten sich mit den Fingerbeeren, wo die Tastkörper am zahlreichsten zu finden sein sollen (9, 34, 52, 64, Perez zit. n. 64). Außerdem wurde lange Zeit das Alter der untersuchten Personen außer acht gelassen oder nur zwischen Kindern und Erwachsenen unterschieden (34, 52, Perez). Ronge (1943) war praktisch die erste Ausnahme hiervon; er fand an der Fingerbeere eine Abnahme der Tastkörperzahl mit zunehmendem Alter (64). Cauna (1965), der diese Untersuchungen an der gleichen Körperstelle wiederholte, nahm für Männer einen schnelleren und größeren Verlust der Tastkörperchen an als für Frauen, obwohl er insgesamt nur 13 Präparate analysierte (9).
Diese Frage, bezogen auf den Großzehenballen, kann in dieser Arbeit trotz doppelter Fallzahl nicht entschieden werden, da einmal die Geschlechtsverteilung zu ungleichmäßig war, zum anderen die Anzahl der Präparate für eine Signifikanzprüfung sicherlich noch nicht ausreichte.

Bolton, Winkelmann und Dyck (1966) kamen an der Fingerbeere zum gleichen Ergebnis wie Cauna, am Fuß ergab sich bei ihnen kein Geschlechtsunterschied.
Diese Autorengruppe bestimmte die Häufigkeit der Meißner'schen Tastkörperchen zum erstenmal in größerem Umfang an der Fußsohle, und zwar an der Plantarseite der großen Zehe; allerdings wandten sie mit der Cholinesterase-Technik eine Methode an, die hierfür nicht besonders geeignet erscheint (4).
So hat Cauna nachgewiesen, daß die Tastkörperchen nicht die einzigen Cholinesterase-positiven Rezeptororgane sind (13, 14). In den Papillen färbt sich z.B. auch ein Teil der sog. freien Nervenendigungen an. Die Tatsache, daß bei einer Todgeburt - zum Vergleich mit der vorliegenden Arbeit auf 10 mm^2 bezogen - 741 Tastkörper gezählt wurden, obwohl ihre Entwicklung erst kurz vor oder nach der Geburt einsetzt (s. S. 11), ist ein Hinweis darauf, daß die Methode auch einfachere Strukturen als Meißner'sche Tastkörperchen erfaßt.
In dem Präparateausschnitt in Abbildung 40, der von einem 9-jährigen Kind stammt, müßten nach den Ergebnissen der genannten Autoren im Mittel 17 (maximal 20) Tastkörper vorhanden sein; nach den eigenen Untersuchungen ergibt sich für die abgebildete Fläche eine Zahl von 8 bis 9 Tastkörperchen und ein Tastkörper/Papillen-Verhältnis von 1 : 3,5.
Die mit der Cholinesterasetechnik ermittelten Durchschnittswerte sind demnach als zu hoch zu betrachten, zudem wenn man die Ansicht Kantner's berücksichtigt (40), daß die subepitheliale Nervenversorgung sowie die Zahl der Körperchen von den Zehenballen zu den Zehen abnimmt.

Die extreme Streubreite der Einzelwerte in der gleichen Untersuchung ist wahrscheinlich nicht nur auf die Methode und die im Vergleich zu dieser Arbeit größere Fallzahl (n = 49) zurückzuführen, sondern auch auf die relativ kleinen Flächen der Stanzbiopsien von etwa 7 mm^2.

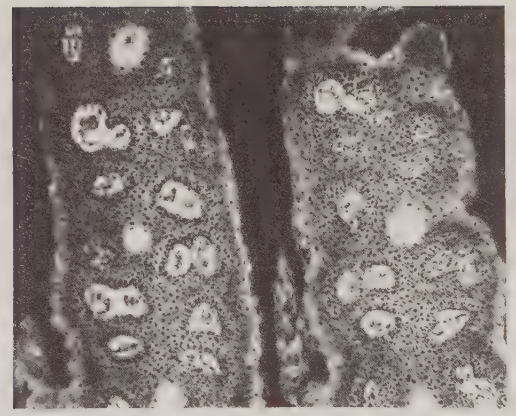


Abb. 40: Großzehenballenhaut eines 9-jährigen Mädchens (H 129/77); Vergr.: 102 x ; Bielschowsky-Gross.

In der Altersgruppe von 31 bis 50 z.B. reichen die von Bolton und Mitarbeitern ermittelten Tastkörperkonzentrationen - z.Vgl. wieder auf 10 mm^2 bezogen - von 8 bis 161 (in dieser Arbeit von 13,5 bis 27).

Zusammen mit den vorliegenden Ergebnissen über die ungleichmäßige Verteilung der Meißner'schen Tastkörperchen v.a. im mittleren und höheren Lebensalter sollte dies ein Hinweis sein, in späteren Untersuchungen die Hautpräparate nicht zu klein zu wählen. Beim Erwachsenen kann man am Fuß einen Hautstreifen von etwa 10 mm Länge und 3 mm Breite sicher ohne größere Schwierigkeiten entnehmen. Bei Kindern genügen auch kleinere Präparate, da hier die Tastkörperchen sowohl absolut zahlreicher sind, als auch auf Grund der Größenverhältnisse in höherer Dichte vorkommen und zudem noch ziemlich gleichmäßig verteilt sind.

Auch die Beurteilung von Länge und Breite der Tastkörper wird bei größeren Präparaten genauer. Da die Streubreite der Tastkörpergröße auch bei ein und derselben Person sehr hoch ist, erhält man verläßliche und brauchbare Ergebnisse nur aus den Durchschnittswerten zahlreicher Endorgane.

Die Breite der Tastkörperchen konnte bei der hier angewandten Methode direkt durch die Flächenmessung der Tastkörperquerschnitte ermittelt werden. Die indirekte Bestimmung der Länge der Meißner'schen Körperchen beinhaltet auf Grund der Dicke der einzelnen Schnitte eine gewisse Fehlerbreite. Bei rein theoretischer Betrachtung müßten die errechneten Werte größer als die tatsächlichen Längen der Tastkörper sein, da die beiden Pole nicht immer genau an einer Schnittebene enden. Dies wird z.T. dadurch ausgeglichen, daß die endständigen Anteile unterhalb einer gewissen Schnittdicke nicht mehr erfaßt werden können.

Die hier gefundenen Ergebnisse lassen sich nur bedingt mit früheren Werten vergleichen; nicht weil es keine Angaben zur Größe der Tastkörperchen in der Literatur gibt, sondern weil die meisten Autoren nur grobe Größenbereiche mitgeteilt haben (44, 46, 52, 74). So reichen die durchschnittlichen (!) Längenangaben für die Meißner'schen Körperchen bei Erwachsenen von etwa 34 bis 135 µm; die Breite der Tastkörper wird bei Erwachsenen mit 20 bis 60 µm (≙ rd. 300 - 2800 μm^2) angegeben. Außerdem haben nur Ronge und Cauna das Alter bei Erwachsenen berücksichtigt (15, 64). Bei Kindern ist dagegen schon aus mehreren Einzelmitteilungen aus der Zeit bis 1860 eine dem Alter parallellaufende Größenzunahme ersichtlich (46, 52).

Ronge (1943) fand eine Größenzunahme der Tastkörper der Fingerbeere auch bei Erwachsenen. Die von ihm gefundenen mittleren Durchmesser liegen - falls sie sich auf die quere Richtung beziehen - mit Ausnahme des hohen Alters etwa im Bereich der eigenen Ergebnisse.

Die jetzt durchgeführten Messungen zeigten für die Tastkörper älterer Personen eine deutliche Größenabnahme.
Auch Cauna beschrieb - ohne Zahlenangaben - im höheren Lebensalter eine Atrophie der Meißner'schen Tastkörper, nachdem diese zuvor eine Länge von einigen hundert µm erreicht haben sollen (15). Diese Länge konnte jedoch für die Tastkörperchen am Fußballen bei weitem nicht bestätigt werden.
Größenangaben speziell für die Körperchen der Fußsohle sind sehr selten. Nach Kantner messen die Körperchen der Planta pedis nur selten mehr als 100 zu 60 µm (39). Die ungefähre Grenze von 60 µm für die Breite der Tastkörper (≙ 2830 μm^2) findet sich auch in unserer Studie, denn nur etwa 1% aller gemessenen Querschnittsflächen überschreitet den Wert. Die Länge von 100 µm wird dagegen im mittleren Lebensalter schon im Durchschnitt erreicht und ist demnach als Grenzwert als zu niedrig zu betrachten.

Die angegebenen Mittelwerte für Länge und Breite der Tastkörper liegen somit zwischen den in der Literatur zu findenden Extremen.

Nach den bisherigen Erkenntnissen zeigen neben dem Alter auch bestimmte Erkrankungen Auswirkungen auf die sensiblen Endorgane. Schon Meißner beschrieb einen Fall mit postapoplektischer sensibler Lähmung, bei dem die Querfasern in den Tastkörperchen fettig degenerierten (52). Langerhans dagegen fand - abgesehen von zwei extremen Hautleiden - keinen Einfluß von Erkrankungen des ZNS oder der Haut auf die Tastkörper (48). Bei einzelnen erblichen neurologischen Krankheiten ermittelten Dyck und Mitarbeiter bei den Merkmalsträgern zum Teil niedrigere Tastkörperkonzentrationen als bei den gesunden Verwandten, darunter auch bei zwei Patienten mit einer spastischen Paraplegie ohne Sensibilitätsverlust (23).

In der eigenen Untersuchung sind einige Fälle mit Polyneuropathien erwähnenswert. Bei einer Frau, die mit 58 Jahren an den Folgen eines ausgedehnten M. Boeck gestorben war, lag die Tastkörperzahl unter dem altersentsprechenden Durchschnitt. Besonders auffällig waren die niedrigen Tastkörperkonzentrationen bei den drei genannten Hautspendern, die ein fortgeschrittenes Karzinom aufwiesen. Wie man aus dem Fall mit nur autoptisch nachgewiesenem Karzinom vermuten kann, scheint die Degeneration der Tastkörperchen kein Frühsymptom zu sein. Sicherlich zeigen auch nicht alle Malignome die gleichen (paraneoplastischen) Symptome. So mag es Zufall sein, aber bei den zwei Fällen mit geringer bzw. nicht erkennbarer Verminderung der Tastkörper lag jeweils ein Adenocarcinom vor.

Eine interessante Vermutung läßt sich auf Grund von Untersuchungen an 200 Hautbiopsien in der hiesigen Neurologischen Klinik anstellen: bei primär demyelinisierenden Neuropathien bleiben die Rezeptoren in ihrer Struktur wahrscheinlich lange erhalten oder regenerieren rasch, bei axonalen Prozessen (den meisten toxischen Neuropathien) scheinen die Rezeptoren dagegen frühzeitig zu degenerieren (Schimrigk 1977).

Da hier ein Einfluß von Neuropathien auf die sensiblen Endorgane deutlich wurde, und Polyneuropathien immer distal und bevorzugt in den unteren Extremitäten beginnen, war dies einer der entscheidenden Gründe für die in dieser Arbeit gewählte Entnahmestellen der Präparate an Fuß und Wade.

Nachdem die Tastkörperchen mit zunehmendem Alter ständig an Zahl abnehmen, war zu vermuten, daß dies nicht ohne Auswirkung auf die Hautsensibilität bleiben wird. Da von den wichtigsten Empfindungsqualitäten für die Mechanorezeption - Druck, Berührung, Vibration - die zuletztgenannte praktisch als einzige im Rahmen der klinischen Untersuchung exakt erfaßt werden kann, wurde die Frage für die Vibrationsempfindung untersucht.

Dabei ergab sich im Erwachsenenalter tatsächlich eine weitgehende Parallelität zur Tastkörperchenzahl. Damit sollen die Meißner'schen Körperchen keineswegs als spezifische Vibrationsrezeptoren im Frey'schen Sinne bezeichnet werden. Zudem könnten eventuelle andere Ursachen für die gleichzeitige Abnahme von Vibrationsempfindung und Tastkörperzahl verantwortlich sein. Rosenberg z.B. sprach Mikrozirkulationsstörungen als mögliche Ursachen für die von ihm ermittelte Abhängigkeit der Vibrationsschwelle vom Alter an (65).
Andererseits ist es durchaus möglich, daß die Meißner'schen Tastkörperchen als oberflächlich gelegene Mechanorezeptoren bei der Vibrationsempfindung, die durch eine periodische Erschütterung der Hautoberfläche ausgelöst wird, eine Rolle spielen.
Sicher weiß man bis heute nur, daß es sich bei den Rezeptoren, die Vibration aufnehmen, um schnelladaptierende Rezeptoren handeln muß.

Vater-Pacini'sche Körper waren in den zahlreichen Präparaten nur einmal vorhanden. Bei einem eine Woche alt gewordenen Neugeborenen lag eine Gruppe von drei Lamellenkörpern in der Subcutis der Ballenhaut. Vielleicht wurden die Körper nur auf Grund ihrer tiefen Lage nicht regelmässig bei der Hautentnahme erreicht.

Nach Kantner dürften an den untersuchten Körperstellen überhaupt keine Vater-Pacini'schen Körperchen vorkommen. An der Fußsohle z.B. fand sie Kantner nur im Bereich des Hohlfußes und der Zehenbeeren (39).

Schlußfolgerungen

Die Hautbiopsie von bestimmten Körperregionen erlaubt neben der Beurteilung der Subkutannerven auch die von sensiblen Nervenendkörperchen. Für genauere, v.a. quantitative Analysen sind dabei die direkt unter dem Epithel liegenden Meißner'schen Tastkörperchen geeignet. Andere Körperchen sind entweder nicht eindeutig definiert oder weisen, wie die Vater-Pacini'schen Lamellenkörper, eine ungünstige Lage auf.
Die Entnahme der Präparate am Fuß ist der Biopsie an der Hand vorzuziehen, da sie v.a. eine frühzeitige Erfassung von Polyneuropathien ermöglicht.
Zur Färbung sollten solche Methoden angewandt werden, bei denen neben der Zahl auch die Struktur und Größe der Tastkörperchen beurteilt werden kann. Enzymreaktionen, wie z.B. die Cholinesterasetechnik, sind aufgrund mangelnder Spezifität und Aussagekraft zytologischen Färbungen und Versilberungsverfahren unterlegen.
Bei der Bewertung der Befunde ist in jedem Fall das Alter der Hautspender bzw. Patienten zu berücksichtigen.

6. Zusammenfassung

Bei 30 Personen zwischen 0 und 86 Jahren wurde kurz nach Todeseintritt am Großzehenballen ein Hautstreifen entnommen.
Von den Präparaten wurden v.a. horizontale, d.h. parallel zur Hautoberfläche laufende Gefrierschnitte angefertigt, die hauptsächlich mit einer nach Bielschowsky-Gross modifizierten Silberimprägnation gefärbt wurden.

In der Leistenhaut des Großzehenballens nimmt die Zahl der Tastkörperchen pro Flächeneinheit mit zunehmendem Alter logarithmisch ab. Dementsprechend findet sich in immer weniger Coriumpapillen noch ein Tastkörper.
Die im Kindesalter besonders stark ausgeprägte Konzentrationsabnahme ist im wesentlichen auf das Wachstum der Haut zurückzuführen.

Die Tastkörperzahl zeigt bei einem Vergleich mit der ebenfalls altersabhängigen Vibrationsempfindung eine interessante positive Korrelation.

Die Verteilung der Tastkörperchen wird mit wachsendem Lebensalter immer ungleichmäßiger.

Die Tastkörperchen zeigen in den ersten Lebensjahrzehnten ein stetiges Wachstum in Längs- und Querrichtung bis zu einer durchschnittlichen Länge von 100 µm und einer mittleren Breite von 40 µm. Im höheren Alter kommt es zu einer Atrophie der Meißner'schen Körperchen.

Das lichtmikroskopische Bild der Tastkörperchen läßt trotz großer individueller Unterschiede eine deutliche Altersabhängigkeit erkennen.

Bestimmte Erkrankungen, insbesondere solche, die zu Polyneuropathien führen, können Veränderungen an Zahl und Struktur der Meißner'schen Tastkörperchen hervorrufen.

Herrn Professor Dr. K. Schimrigk möchte ich für die Überlassung des Themas, die stets freundliche Unterstützung und für die Übernahme des Referates danken.

Herrn Professor Dr. H. G. Mertens danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Frau Dr. N. Ricker und den Mitarbeitern des Pathologischen Institutes und des Institutes für Rechtsmedizin der Universität Würzburg sei für ihre Hilfsbereitschaft und Geduld bei der Beschaffung der Hautpräparate gedankt.

Besonders herzlich danke ich Frau G. Hock und Frau K. Stingl für die Hilfe bei der Durchführung der histologischen Färbungen sowie Frau R. Nolte und Frau Huuk für die Anfertigung der Fotographien und der elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

7. Literaturverzeichnis

1. Aiba, K.:
On the sensory innervation of the foot-sole in human adults
Arch. Histol. Jap. 10 (1956): 329 - 350

2. Alvarez-Morujo, A., A. J. Alvarez-Morujo, S. u. H. Cuervo:
Morphological aspect of the skin terminal corpuscles, previous corrosion with pancreatin
Acta Anat. 93 (1975): 240 - 248

3. Boeke, J.:
Die Beziehungen der Nervenfasern zu den Bindegewebselementen und Tastzellen. Das periterminale Netzwerk der motorischen und sensiblen Nervenendigungen, seine morphologische und physiologische Bedeutung, Entwicklung und Regeneration
Z. Mikrosk.-Anat. Forsch. 4 (1926): 448 - 509

4. Bolton, Ch. F., R. K. Winkelmann und P. J. Dyck:
A quantitative study of Meissner's corpuscles in man
Neurology 16 (1966): 1 - 9

5. Boman, K.:
Über die Spezifität der Hautnerven
Ann. Acad. Sci. Fenn. A 73 (1960): 1 - 21

6. Botezat, E.:
Die Apparate des Gefühlssinnes der nackten und behaarten Säugetierhaut, mit Berücksichtigung des Menschen
Anat. Anz. 42 (1912): 193 - 250, 273 - 318

7. Cauna, N.:
Some observations on the structure and development of Meissner's corpuscle
J. Anat. 87 (1953): 440 - 441

8. Cauna, N.:
Nature and functions of the papillary ridges of the digital skin
Anat. Rec. 119 (1954): 449 - 468

9. Cauna, N.:
Nerve supply and nerve endings in Meissner's corpuscles
Am. J. Anat. 99 (1956): 315 - 350

10. Cauna, N.:
Structure and origin of the capsule of Meissner's corpuscle
Anat. Rec. 124 (1956): 77 - 93

11. Cauna, N.:
Structure of digital touch corpuscles
Acta Anat. 32 (1958): 1 - 23

12. Cauna, N.:
The mode of termination of the sensory nerves and its significance
J. Comp. Neurol. 113/2 (1959): 169 - 209

13. Cauna, N.:
The distribution of cholinesterase in the cutaneous receptor organs, especially touch corpuscles of the human finger
J. Histochem. Cytochem. 8 (1960): 367 - 375

14. Cauna, N.:
Cholinesterase activity in cutaneous receptors of man and of some quadrupeds
Bibl. Anat. 2 (1961): 128 - 138

15. Cauna, N.:
The effect of aging on the receptor organs of the human dermis
Adv. Biol. of skin 6 (1965): 63 - 96

16. Cauna, N. und G. Mannon:
Organization and development of the preterminal nerve pattern in the palmar digital tissues of man
J. Comp. Neurol. 117 (1961): 309 - 327

17. Cauna, N. und L.L. Ross:
The fine structure of Meissner's touch corpuscles of human fingers
J. Biophys. Biochem. Cytol. 8 (1960): 467 - 482

18. Chouchkov, Ch. N.:
On the fine structure of free nerve endings in human digital skin, oral cavity and rectum
Z. Mikrosk.-Anat. Forsch. 86 (1972): 273 - 288

19. Chouchkov, Ch. N.:
Further observations of the fine structure of Meissner's corpuscles in human digital skin and rectum
Z. Mikrosk.-Anat. Forsch. 87 (1973): 33 - 45

20. Cunningham, F. O. und M. J. T. Fitzgerald:
Encapsulated nerve endings in hairy skin
J. Anat. 112 (1972): 93 - 97

21. Dogiel, A. S.:
Die Nervenendigungen in Meissner'schen Tastkörperchen
Int. Monatsschr. Anat. Physiol. 9 (1892): 76 - 85

22. Dogiel, A. S.:
Über die Nervenapparate in der Haut des Menschen
Z. wiss. Zoologie 75 (1903): 46 - 111

23. Dyck, P. J., R. K. Winkelmann und Ch. F. Bolton:
Quantitation of Meissner's corpuscles in hereditary neurologic disorders
Neurology 16 (1966): 10 - 17

24. Endter, F. und H. Gebauer:
Ein einfaches Gerät zur statistischen Auswertung von mikroskopischen bzw. elektronenmikroskopischen Aufnahmen
Optik 13 (1956): 97 - 101

25. Engelmann, W.:
Ueber die Endigungsweise der sensiblen Nervenfasern
Z. wiss. Zoologie 13 (1863): 474 - 480

26. Fischer, E.:
Über den Bau der Meissner'schen Tastkörperchen
Arch. Mikrosk. Anat. 12 (1876): 364 - 390

27. Fitzgerald, M. J. T.:
On the structure and life history of bulbous corpuscles (Corpuscula Nervorum Terminalia bulboidea)
J. Anat. 96/2 (1962): 189 - 2o8

28. Frey, M. v.:
Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut
III. Ber. über die Verh. der Ges. der Wiss. Leipzig Kl. Math.-Phys. 47 (1895): 166 - 184

29. Gerber, F.:
Handbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen und der Haussäugethiere
Bern, Chur, Leipzig (1840): 157/158

30. Gerlach, J.:
Ueber die Structur der Cutispapillen und der Wagner'schen Tastkörperchen
Ill. med. Ztg. II/2 (1852): 87 - 94

31. Hensel, H.:
Die Spezifität der Hautsinne
Studium generale 8 (1964): 471 - 478

32. Hensel, H.:
Spezifische und unspezifische Hautrezeptoren
Verh. Anat. Ges. 59 (1963): 140 - 142

33. Heringa, G. L.:
Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des sensibeln peripheren Nervensystems
Verhand. kon. Akad. v. Wetensch. 21 (1921): 1 - 130

34. Herman, H.:
Über die nervösen Endkörperchen in der Haut der menschlichen Hand
Z. Haut- Geschlechtskr. 14 (1953): 277 - 279

35. Horstmann, E.:
Die Morphologie der Epidermis
Excerpta med. Int. Congress Series No. 55 (1962):
362 - 372

36. Huxley, Th. H.:
On the structure and relation of the Corpuscula
Tactus, and of the Pacinian bodies
Q. J. Microsc. Sci. 2 (1854): 1 - 7

37. Kantner, M.:
Neue morphologische Ergebnisse über die peripherischen
Nervenausbreitungen und ihre Deutung
Acta Anat. 31 (1957): 397 - 425

38. Kantner, M.:
Das Nervensystem der Haut
Dermat. u. Venerol., Hrsg.: Gottron-Schönfeld I/1,
Thieme-Verlag Stuttgart (1961): 104 - 129

39. Kantner, M.:
Beziehung zwischen Epithel und Innervation der mensch-
lichen Fußsohle
Verh. Anat. Ges. 59 (1963): 131 - 139

40. Kantner, M.:
Morphologische Beiträge zu den Empfindungen des
Schmerzes, der Berührung, des Juckens und des Kitzels
Studium generale 8 (1964): 493 - 500

41. Kantner, M.:
La morphologie des récepteurs dans la peau
Acta Anat. 60 (1965): 463 - 478

42. Klein, W.:
Die Bestimmung des Vibrationsgefühls bei Läsionen
zentraler Bahnen am Beispiel der Multiplen Sclerose
Dissertation Würzburg 1969

43. Kölliker, A.:
Über den Bau der Cutispapillen und der sogenannten
Tastkörperchen R. Wagner's
R. Wagner's Z. wiss. Zoologie 4 (1853): 43 - 52

44. Kölliker, A.:
Handbuch der Gewebelehre des Menschen
Leipzig 1863

45. Kostowiecki, M.:
Relationship of the elastic fibres to Meissner's corpuscles in the aging human skin
Z. Mikrosk.-Anat. Forsch. 84 (1971): 199 - 218

46. Krause, W.:
Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven
Hannover 1860, 271 Seiten

47. Krause, W.:
Die Nervenendigung innerhalb der terminalen Körperchen
Arch. Mikrosk. Anat. 19 (1881): 53 - 136

48. Langerhans, P.:
Zur pathologischen Anatomie der Tastkörper
Virchows Arch. 45 (1869): 413 - 417

49. Langerhans, P.:
Über Tastkörperchen und rete Malpighii
Arch. Mikrosk. Anat. 9 (1873): 730 - 744

50. Leontowitsch, A.:
Die Innervation der menschlichen Haut
Int. Monatsschr. Anat. Physiol. 18 (1901): 142 - 310

51. Malinovsky, L.:
Significance of the quantitative approach in the study of sensory nerve endings
Folia Morphol. 22 (1974): 263 - 265

52. Meissner, G.:
Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut
Leipzig, Leopold Voss 1853, 47 S.

53. Meissner, G.:
Untersuchungen über den Tastsinn
Z. Rat. Med. 3. Reihe / 7 (1859): 92 - 118

54. Melzack, R. und P. D. Wall:
On the nature of cutaneous sensory mechanisms
Brain 85 (1962): 331 - 356

55. Merkel, F.:
Tastzellen und Tastkörperchen bei den Hausthieren und beim Menschen
Arch. Mikrosk. Anat. 11 (1875): 636 - 652

56. Müller, Joh.:
Handbuch der Physiologie des Menschen
Bd. II, Coblenz 1840

57. Nuhn, A.:
Ueber den Bau der Hautpapillen und die Wagners'schen Tastkörperchen
Ill. med. Ztg. II/2 (1852): 80 - 87

58. Oberste-Lehn:
Effects of aging on the papillary body of the hair follicles and of the eccrine sweat glands
Adv. Biol. of skin 6 (1965): 17 - 34

59. Quilliam, T. A. und Armstrong:
Mechanoreceptors
Endeavour 22 (1963): 50 - 60

60. Rachmatullin, Z. Ch.:
Die Entwicklung der Meissnerschen Körperchen in der Menschenhaut
Z. Mikrosk.-Anat. Forsch. 40 (1936): 445 - 454

61. Ranvier, L.:
Nouvelles recherches sur les organes du tact
Gaz. med. de Paris 2 (1881): 20 - 21

62. Ranvier, L.:
On the terminations of nerves in the epidermis
Q. J. Microsc. Sci. 20 (1880): 456 - 458

63. Rodriguez, A. P. und Pérez:
On the existence of accessory unmyelinated fibres in the Meissner's corpuscles of the pulp of the human toe
Dermatologica 129 (1964): 468 - 474

64. Ronge, H.:
Altersveränderungen der Meissnerschen Körperchen in der Fingerhaut
Z. Mikrosk.-Anat. Forsch. 54 (1943): 167 - 177

65. Rosenberg, G.:
Effect of age on peripheral vibratory perception
J. Am. Geriatr. Soc. 6 (1958): 471 - 481

66. Schimrigk, K.:
Die Hautbiopsie bei Nervenkrankheiten
Symposium: Entwicklungstendenzen Neurologie
Berlin 2. 12. 1977

67. Seiler, J. und K. Ricker:
Das Vibrationsempfinden. Eine apparative Schwellenbestimmung
Z. Neurol. 200 (1971): 70 - 79

68. Smirnow, A.:
Über die Endkolben in der Haut der Planta pedis und über die Nervenendigungen in den Tastkörperchen des Menschen
Int. Monatsschr. Anat. Physiol. 10 (1893): 241 - 247

69. Szymonowicz, W.:
Über die Entwicklung der Nervenendigungen in der Haut des Menschen
Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat. 19 (1933): 356 - 382

70. Thin, G.:
Über den Bau der Tastkörperchen
Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien 67, Abt. III (1873): 130 - 134

71. Timofeew, D.:
Ueber eine besondere Art von eingekapselten Nervenendigungen in den männlichen Geschlechtsorganen bei Säugetieren
Anat. Anz. 11 (1896): 44 - 49

72. Van de Velde, E.:
Die fibrilläre Struktur in den Nervenendorganen der Vögel und der Säugetiere
Anat. Anz. 31 (1907): 621 - 634

73. Van de Velde, E.:
Die fibrilläre Struktur der Nervenendorgane
Monatsschr. Anat. Physiol. 26 (1909): 225 - 298

74. Wagner, R. und G. Meißner:
Über das Vorhandensein bisher unbekannter eigenthümlicher Tastkörperchen (Corpuscula tactus) in den Gefühlswärzchen der menschlichen Haut und über die Endausbreitung sensitiver Nerven
Nachrichten von der Georg-August-Univ. u. der kgl. Ges. der Wiss. zu Göttingen 2 (1852): 17 - 30

75. Weber, E. H.:
Der Tastsinn und das Gemeingefühl
in: Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. 3/2: 481 - 588, Braunschweig 1846

76. Weddell, G.:
The pattern of cutaneous innervation in relation to cutaneous sensibility
J. Anat. 75 (1941): 346 - 367

77. Weddell, G.:
The multiple innervation of sensory spots in the skin
J. Anat. 75 (1941): 441 - 446

78. Weddell, G,, W. Pallie und E. Palmer:
The morphology of peripheral nerve terminations in the skin
Q. J. Microsc. Sci. 95 (1954): 483 - 501

79. Winkelmann, R. K.:
Nerve changes in aging skin
Adv. Biol. of skin 6 (1965): 51 - 61

80. Wolff, W.:
Die Tastkörperchen
Monatshefte prakt. Dermat. II/1 + 2 (1883): 9 - 14, 51 - 58.

Die Abbildungen der Seiten 6, 20 und 23 wurden beim Druck im Maßstab 1 : 2 verkleinert.

Lebenslauf

6. 6. 1953	geboren in Frickenhausen als Sohn des Maurers Hugo Rüttinger und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Wieland Zahl der Geschwister: drei
1959 - 1964	Besuch der Volksschule in Frickenhausen
1964 - 1973	Besuch des Gymnasiums in Marktbreit (mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig)
WS 1973/74	Beginn des Studiums der Medizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
August 1975	Ärztliche Vorprüfung
August 1976	1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 1979	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 1980	3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (schriftlicher Teil)
Mai 1980	3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (mündlicher Teil)

Würzburg, den 3. Juni 1980

Heinrich Rüttinger

Andreas Staudenraus Druckerei GmbH Münzstraße 4 8700 Würzburg